محمّد رضوان شويكاني
مهندس كهربائي

البطاريّات

«المدّخرات»



دمشق ــ أوتوستراد المزة

هاتف

٢٤٤١٢٦ ــ ٢٤٣٩٥١ ــ ٢١٣٨٢١

تلكس : ٤١٢٠٥٠

ص.ب : ١٦٠٣٥

العنوان البرقي

طلاسدار

TLASDAR

ريع الدار مخصص

لصالح مدارس أبناء الشهداء في القطر العربي السوري


البطاريات
«المدّخرات»

الطبعة الأولى
1989

محمّد رضوان شويكاني
مهندس كهربائي

البطاريّات

«المدّخرات»

أنواعها - تركيبها - تفاعلاتها الكيميائيّة
استثمارها - صيانتها - شحنها - آفاقها

التدقيق والمراجعة
المهندس محمّد وسيم الهبل

المقدمة

البطارية ببساطة هي الجهاز العملي الوحيد الذي يمكن بواسطته اختزان القدرة الكهربائية، فهي تستطيع اختزان القدرة الكهربائية على شكل قدرة كيميائية، ثم تعطينا هذه القدرة الكيميائية التي اختزنتها على شكل قدرة كهربائية مرة أخرى، عند اللزوم. أو إنها الجهاز الذي يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية بواسطة تفاعلات أكسدة وإرجاع.

وهي جهاز شائع الاستعمال، ومعروفة لدى معظم الناس، نظراً لكثرة استخداماتها في الحياة اليومية، وهي قد لا تلفت الانتباه بالمقارنة مع ما نراه اليوم من أجهزة معقدة ومتطورة، أتاحت للإنسان ما كان مستحيلاً من قبل، لكننا نشعر بأهميتها وفائدتها عندما تتعطل ولا تقوم بمهمتها، أو على العكس عندما تقوم بمهمتها ببساطة وفاعلية. فبواسطتها يتم إقلاع مجموعة توليد احتياطية، تحل محلّ الشبكة العامة، أو يمكن أن تكون السبب في عدم إقلاع هذه المجموعة (أو الآلية أو أي جهاز يستخدم البطارية)، وبالتالي عدم الاستفادة منها حتى ولو كانت تلك المجموعة أو الآلية جاهزة من جميع النواحي الأخرى، وهذه الحالة هي أحد الأعطال الشائعة في مجموعات التوليد أو السيارات أو المعدات والتجهيزات التي تعتمد على البطاريات بشكل عام، وبالتالي فإن التسلح بمعرفة طرق صيانة البطاريات والكشف على جاهزيتها بل ومعرفة تركيبها ومبدأ عملها سيجنبنا بالتأكيد من الوقوع في مثل تلك الحالات.

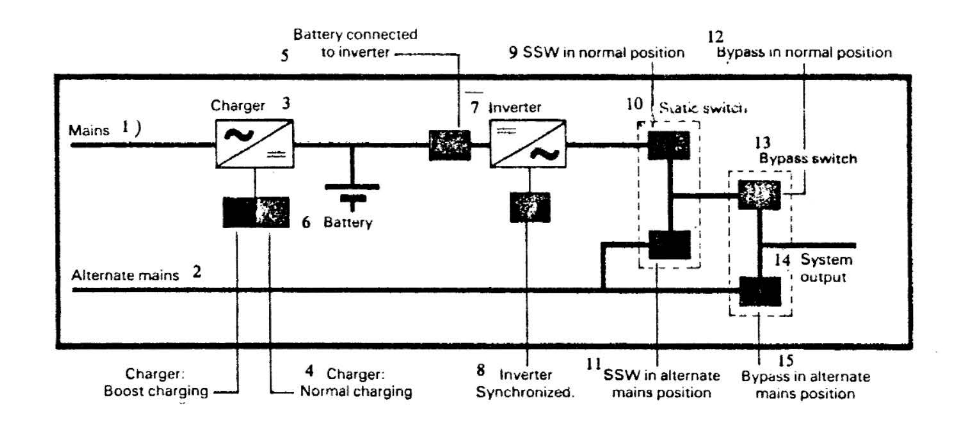
إن البطاريات قد تخطت الآن في استعمالها، مسألة إقلاع آلية أو تزويد جهاز فعّال بالقدرة الكهربائية ــ على أهمية ذلك ــ فهي تستخدم في أجهزة التغذية

الكهربائية بدون انقطاع UPS (Uninterrupted Power Suppry) والتي أصبح من الممكن صنع نماذج تتخطى استطاعتها الـ ٥٠٠ك ف أ، وعند احتياج استطاعة أكبر، يمكن ربط أكثر من وحدة على التوازي للحصول على الاستطاعة المطلوبة. عدا عن استخدامها وكجزء هام في تجهيزات توليد القدرة باستخدام طاقة الشمس أو طاقة الرياح، كما وتجرى أبحاث دائمة لتطوير البطارية، من حيث تركيبها وأداؤها وكذلك مجال عملها، فمن جهة توفرت بطاريات لا تحتاج إلى أي نوع من الصيانة Free maintenance، وتتحسن فاعليتها باضطراد، ومن جهة أخرى تجري التجارب على نماذج لأنواع جديدة خاصة على أمل استخدامها في تأمين القدرة الكهربائية الإضافية اللازمة في أوقات الذروة، بالنسبة للشبكات العامة، أو تحسين استقرار هذه الشبكات، أو تغطية النقص في القدرة، عند خروج أحد الأجهزة المولِّدة للقدرة عن الخدمة، وذلك لما للبطاريات من مميزات عالية:

فهي لا تؤذي البيئة، ليست لها كلفة تأسيسية باهظة، وليست بحاجة لظروف جغرافية خاصة، إجراءات العناية اللازمة بسيطة وسهلة، دخولها في الخدمة أو خروجها منها مباشر لا يحتاج إلى أية إجراءات مسبقة، عدا عن أنّ الاستجابة فيها آنية، كما يمكن الحصول على الاستطاعة المطلوبة وعلى توتر العمل المطلوب بدقة بواسطة ربط عدد من الخلايا ذات السعات المناسبة على التسلسل أو التفرع، ولا ننسى الهدوء التام الذي يرافق عمل البطاريات.

وقد دفعني لإعداد هذا الكتاب أمران:

الأول منهما عدم وجود أي كتاب باللغة العربية، يتناول موضوع البطاريات بشكل علمي وتفصيلي وعملي، ويتيح لمن يتعامل مع البطاريات أو لطالب العلم فكرة واضحة عنها. والثاني إيماني بأن من واجبي بعد سنوات الدراسة والعمل الميداني في مجال يشمل التعامل مع البطاريات بمختلف أنواعها، أن أقدم ما تراكم لديّ في هذا الصدد كعرفان بالجميل لكل من قدم شيئاً مفيداً لغيره، هدية متواضعة على أن يحمل الفائدة المرجوّة، ومضيفاً إلى مكتبتنا العربية لبنة أخرى واللّٰه وليّ التوفيق.



(شكل 1)

مخطط صندوقي لجهاز تغذية بدون انقطاع

1 ــ الشبكة الرئيسية (توترها حسب جهاز التقويم والشاحن)

2 ــ الشبكة الرئيسية ذات التوتر المتناوب العام

3 ــ المقوم والشاحن

4 ــ الشاحن يعمل على الشحن السريع (لمبة إشارة)

4َ ــ الشاحن يعمل بشحن عادي (لمبة إشارة)

5 ــ لمبة إشارة تدل أن البطاريات مربوطة إلى المبدل

6 ــ البطاريات

7 ــ المبدل من التوتر المستمر إلى التوتر المتناوب

8 ــ لمبة إشارة تدل أن المدل بحالة توافق

9 ــ لمبة إشارة تدل أن القاطع الاستاتيكي (الإلكتروني في الوضعية العادية النظامية)

10 ــ ضمن المستطيل المنقط دلائل عمل القاطع الاستاتيكي

11 ــ القاطع الاستاتيكي في وضعية العمل على الشبكة الرئيسية المتناوبة

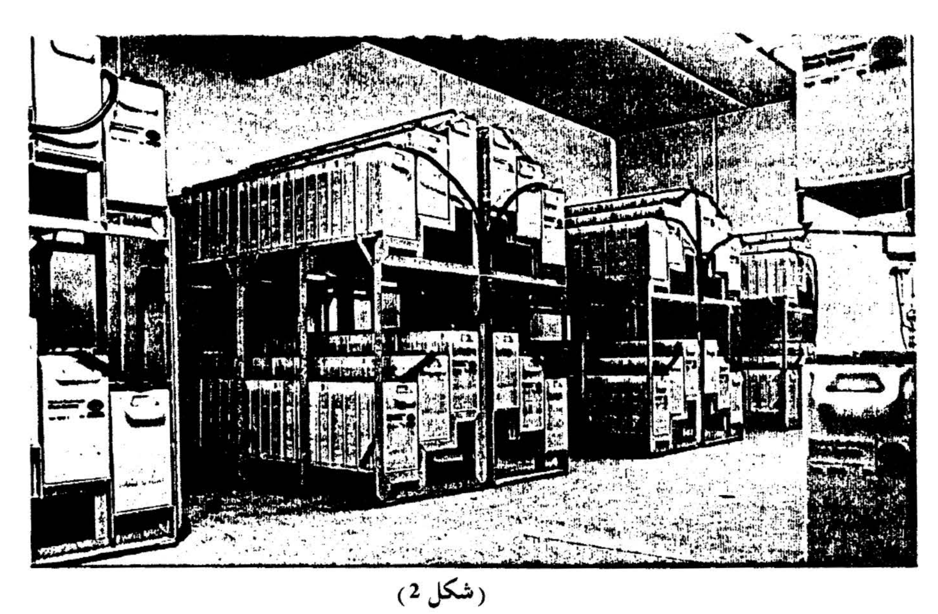
12 ــ التغذية الاحتياطية في الوضعية النظامية

13 ــ ضمن المستطيل المنقط دلائل وضعية جهاز التغذية على التوازي أو الاحتياطية

14 ــ نظام الخرج

15 ــ التغذية الاحتياطية على وضعية الشبكة الرئيسة

ملاحظة : لمبات الإشارة ذات اللون الفاتح تدل على حالة العمل النظامية . بينما اللمبات الغامقة تدل على حالة عمل غير نظامية (وجود عطل) .



(شكل 2)

مجموعات بطاريات موصولة على التفرع والتسلسل لإعطاء التوتر والتيار اللازمين في نظام تغذية كهربائية بدون انقطاع

الـفـصـل الأول

معلومات أساسية عن البطاريات

1 ــ تعاريف عامة

الطاقة : هي مقدرة جسم ما لبذل عمل . والعمل المختزن (رفع جسم لمكان عالٍ) هو طاقة كامنة . ويمكن تحويل الطاقة من شكل إلى آخر (كيميائية ⟵ كهربائية ⟵ ميكانيكية ...) . ووحدتها حسب الجملة الدولية الجول : 1جول = 1نيوتن متر = 1واط ثانية . أما وحدتها في الفيزياء الذرية فهي : الإلكترون فولت ev .

القدرة أو الاستطاعة : العمل المبذول مقسوماً على الزمن اللازم لبذله . ويمكن التعبير عنها بالواحدات الدولية كما يلي :

القدرة (واط) = $\frac{\text{القوة . المسافة}}{\text{الزمن}}$ = القوة . السرعة وبالرموز $P = \frac{F.S}{t} = \frac{F.t.V}{t} = F.V$

والاستطاعة الكهربائية = التوتر × التيار = $I \times U$.

الخلية ــ العين ــ Cell : تتألف بطارية 12فولت رصاصية حمضية من ست وحدات مستقلة مجمّعة ضمن عبوة خارجية واحدة كل وحدة منها تسمى خلية أو عين ، ويختلف توتر الخلية الواحدة حسب نوعها (الرصاصية الحمضية 2فولت ــ القلوية 1,2فولت ...) .

الكثافة = الوزن النوعي : هي وزن واحدة الحجوم ويعبر عنها بالـ كغ / م^3 = Kg / m^3 .

السائل الكهرليتي = الكهرليت = الإلكترولايت ، Electrolyte : هو الوسط الناقل كهربائياً والموجود في البطارية ، وهو عبارة عن محلول حمض الكبريت والماء في البطاريات الرصاصية الحمضية ومحلول ماءات البوتاسيوم والماء في البطاريات القلوية . ويستخدم في البطاريات تحت كثافة محددة .

الجهد = التوتر = فرق الكمون = الضغط الكهربائي = Tension or Voltage : ويقدر بالفولت ويقاس بين قطبي الخلية الواحدة أو البطارية . وتختلف قيمته أيضاً حسب نوع البطارية ودرجة شحنها .

سعة البطارية : مقدار يعبر عن الطاقة الكهربائية التي يمكن أن تعطيها البطارية وتقدر بالأمبير / ساعة .

شحن البطارية : ونعني بها العملية التي يتم فيها تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية بواسطة تغذية طرفي البطارية بالتيار المستمر وبكلام أبسط نقول إن شحن بطارية هو إملاؤها بالطاقة الكهربائية .

تفريغ البطارية : العملية المعاكسة لشحن البطارية . حيث يتم استهلاك الطاقة المختزنة أو المتولدة في البطارية بواسطة ربط حمل ما على طرفيها .

درجة شحن البطارية : هي النسبة من الطاقة الكهربائية التي تملكها البطارية إلى الطاقة الكاملة التي يمكن أن تمتلكها أو تختزنها .

درجة تفريغ البطارية : تؤدي إلى نفس معنى درجة شحن ، لكن تؤخذ كمية الطاقة المستهلكة من البطارية إلى كامل الطاقة التي يمكن أن تستهلك منها .

ألواح البطارية ــ البلاكات Plaques = Plates : كل خلية تحوي نوعين من الألواح موجبة وسالبة ، أبعادها والمواد الفعالة فيها تختلف حسب عمل البطارية ونوعها .

القطبان = المربطان = الطرفان = النهايتان Poles = terminals : وهما المكانان اللذان يتم ربط البطارية عبرهما إلى الحمل أو إلى الشاحن ، وعادة توضع إشارة موجب أو سالب على كل منهما ليتم الربط بدون إشكالات .

في حالة الشرح الكيميائي للبطارية يمكن أن يعبر عن **القطب** الموجب بالمصعد anode والقطب السالب بالمهبط Cathode .

دورة شحن ــ تفريغ ــ Cycle : هي العملية التي تتضمن ملء البطارية بالطاقة الكهربائية ومن ثم تفريغ هذه الطاقة . وهذه الدورات تتم في البطاريات الثانوية فقط .

توتر نهاية الشحن : هو أعلى قيمة لتوتر مربطي بطارية يسمح بالوصول إليها أثناء شحن البطارية .

توتر نهاية التفريغ : هو أخفض قيمة لتوتر مربطي بطارية يسمح بالوصول إليها أثناء تفريغ البطارية .

$1C_{10}$ مثلاً : يعبر عن مقدار التيار الذي لو استمر استجراره من بطارية لمدة عشر ساعات وصلت البطارية بعد ذلك إلى توتر نهاية التفريغ . أما $0.5C_{10}$ فتعبر عن نصف ذلك التيار .

الهيدروميتر : أو مقياس كثافة السائل الكهرليتي حيث يمكن بواسطته تحديد كثافة أو الوزن النوعي لسائل كهرليتي معين .

البيزوميتر : عبارة عن مقياس توتر مستمر باتجاهين مربوطاً معه حمل أومي معين وهو جهاز لتحديد درجة شحن بطارية بشكل حقيقي .

الريفراكتوميتر : أو مقياس كثافة السائل الكهرليتي بواسطة الانكسار الضوئي .

درجة فهرنهايت : هي تدريجات معيّنة متّبعة في بعض بلدان العالم لقياس درجة الحرارة . ويقابلها التدريجات المئوية أو تدريجات سيلزيوس وللتحويل بينهما تستخدم العلاقتان :

درجة الحرارة المئوية = (درجة الحرارة بمقياس فهرنهايت ــ 32) $\times \frac{5}{9}$

درجة الحرارة بمقياس فهرنهايت = (درجة الحرارة المئوية) $\times \frac{9}{5} + 32$

2 ــ البطارية عموماً والمبدأ الذي تستند إليه

سنتطرق في هذه الفقرة إلى الشكل العام للبطارية قبل تناول تركيبها الداخلي . فالبطارية عبارة

عن خزان للطاقة الكهربائية في شكلها المستمر، أو أنها منبع أو مولد لهذه الطاقة، وتشترك كل البطاريات بوجود قطبين أحدهما موجب والآخر سالب. وللتبسيط نجد:

في حالة الشحن أي حالة خزن القدرة الكهربائية في البطارية (القابلة لدورات شحن تفريغ)، يدفع مصدر كهربائي ذو توتر مستمر، الإلكترونات إلى القطب السالب للبطارية ويستعيدها عبر القطب الموجب بعد أن تمر في البطارية، وتؤدي إلى حدوث التفاعلات الكيميائية المصاحبة لعملية الشحن، بينما في حالة التفريغ أي حالة استخدام الطاقة الكهربائية المختزنة فإن التفاعلات الكيميائية المصاحبة لعملية التفريغ (وهي معاكسة للتفاعلات الكيميائية السابقة)، تدفع الإلكترونات عبر القطب السالب مروراً بالحمل المراد تزويده بالطاقة الكهربائية، ثم تعود إلى القطب الموجب. وهذا ينطبق فقط على البطاريات الثانوية؛ أي التي تقبل دورات شحن تفريغ. والبطارية يمكن أن تتألف من خلية (عين Cell) واحدة أو عدة خلايا مربوطة معاً على التسلسل لإعطاء التوتر المطلوب، ويمكن أن تكون كل هذه الخلايا (ثلاث أو ست خلايا كما في النماذج الأكثر انتشاراً)، محتواه في جسم أو عبوة خارجية واحدة، أو أن تكون كل خلية منفصلة بشكل كامل وتستقل بعبوة خاصة بها ــ وهذا يعتمد على حجم وسعة هذه الخلية ــ (شكل 3).



(شكل 3)

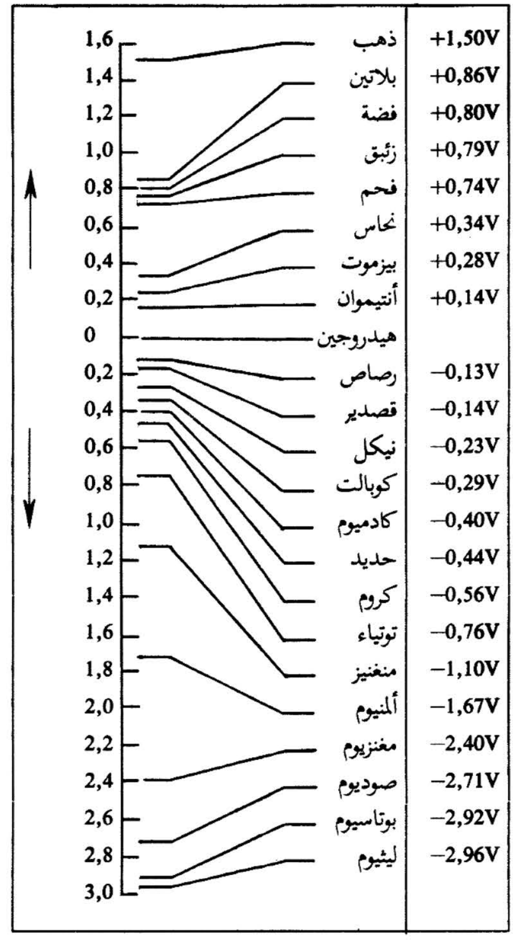
نماذج من البطاريات المتعددة الخلايا والمفردة الخلية

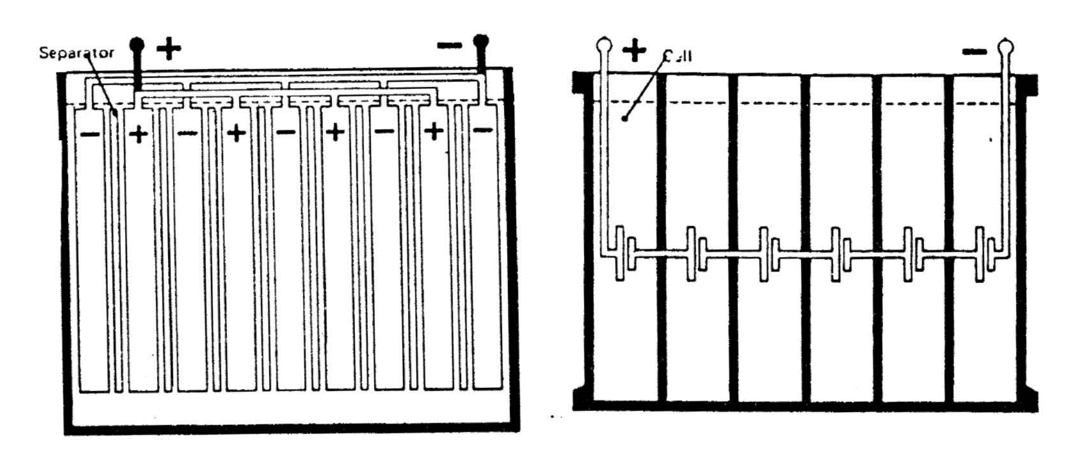
وعلى هذا الأساس، فإن تسمية بطارية تطلق على الخلية الواحدة المنفصلة والمستقلة، كما أنها تطلق على مجموعة من الخلايا مربوطة مع بعضها على التسلسل والتفرع حسب التوتر والتيار المطلوبين، وفي هذه الحالة تسمى كل وحدة منها بالخلية أو العين، بينما لمجموع هذه الوحدات نطلق اسم بطارية ــ مدخرة ــ.

أما المبدأ النظري الأساسي الذي تعتمد عليه البطارية ، فهو أن بعض المعادن ينشأ بينها فرق كمون كهربائي في حال غمسها في سائل ذي طبيعة ناقلة للكهرباء ، وتختلف قيمة فرق الكمون هذا باختلاف هذه المعادن ، والجدول التالي يوضح سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن ، بالإضافة إلى مقدار هذا الكمون الكهربائي وإشارته ، سواء أكان هذا الكمون موجباً أو سالباً ، ونحصل على مقدار فرق الكمون بين مادتين من هذا الجدول ، بجمع كمونيهما إذا كانا من إشارتين مختلفتين ــ أي أن موقعيهما على طرفي عنصر الهيدروجين ــ بينما نطرح قيمة الكمون الأصغر من الكمون الأكبر لمادتين واقعتين في طرف واحد من هذا العنصر ، للحصول على فرق الكمون الكهربائي بينهما . انظر الشكل .

(الشكل 4)

جدول سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن





(الشكل 5)

شكلان تمثيليان لبطارية مؤلفة من ست خلايا يوضحان طريقة ترتيبها وتوصيلها

3 ــ اختزان القدرة الكهربائية ــ والبطاريات

إن اختزان القدرة الكهربائية مسألة أخذت وما تزال، كثيراً من الدراسة والبحث بهدف إيجاد طريقة أو إمكانية لاختزان الفائض من القدرة المولَّدة في ساعات النهار أو الليل، ومن ثـمّ استخدامها في ساعات الحمل الأعظمي أو عند الطوارئ.

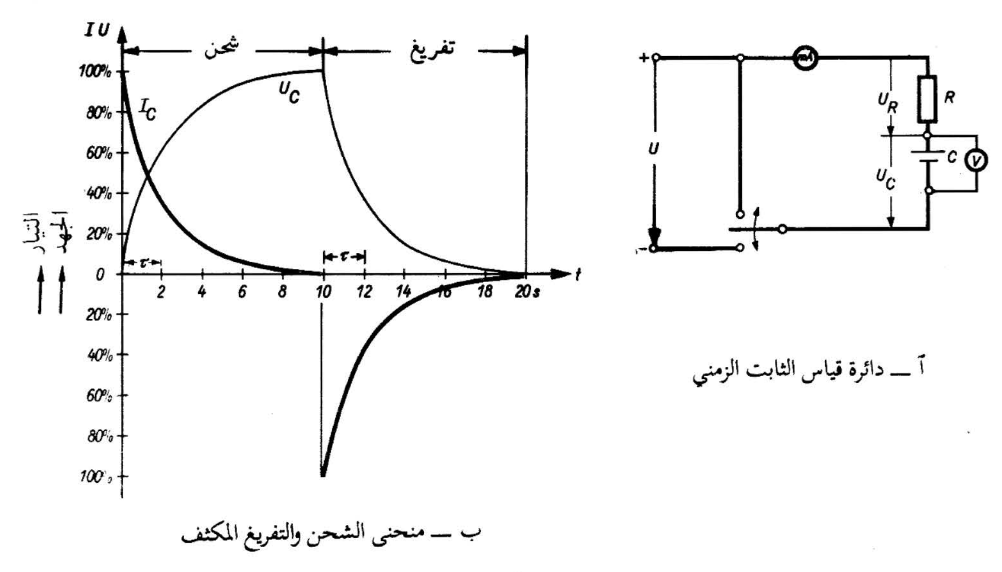
نناقش فيما يلي الإمكانيات المتاحة حتى الآن وحدود ومجالات كل إمكانية:

أ ــ المكثف Capacitor: يتألف من ناقلين (لبوسين) بينهما عازل، تتناسب سعة المكثف ــ التي هي كمية الكهرباء التي يختزنها ــ طرداً مع مساحة الناقلين المتقابلين ونوع العازل بينهما، وعكساً مع المسافة بينهما، ويوجد أنواع عديدة من المكثفات: كيميائية، ورقية، صفائحية...

إنما لا يمكننا استخدام المكثف كمصدر عام لتغذية التجهيزات الكهربائية بالقدرة لسببين:

الأول: إن شكل منحني شحن المكثف ــ (ملؤه بالقـدرة الكهربائيـة) ــ وتفريغه (استهلاك هذه القدرة)، يتبع منحنياً تابعاً أسّـياً أي عبارة عن نبضة سريعة، لا تتوافق مع أغلب التجهيزات التي تحتاج عموماً إلى توتر ثابت أو متناوب منتظم. وهذا طبعاً لا يقلل من أهمية المكـثّـف في التطبيقات الكهربائية والإلكترونية، بل إنه أحد العناصر الرئيسية في هذه التطبيقات (الشكل 6) يوضح منحني الشحن والتفريغ لمكثف.

الثاني : أن القدرة المختزنة **بالنسبة لواحدة الحجوم** صغيرة جداً .



(شكل 6)

منحني شحن وتفريغ مكثف

ب ـــ اختزان القدرة الكهربائية عن طريق تحويلها إلى قدرة ميكانيكية كامنة : ويتم هذا في الساعات التي تزيد فيها القدرة المولّـدة عن القدرة المستهلكة ، ويعتمد مبدأ هذه الطريقة على استخدام مضخات ماء كهربائية عالية الاستطاعة ، تقوم بضخ الماء من بحيرة منخفضة ، مثلاً ، إلى خزان كبير ذي مستوى أعلى من البحيرة ـــ وذلك في الساعات التي تزيد فيها القدرة المولدة عن القدرة الكهربائية المستهلكة ـــ ثم في ساعات الذروة أو عند حدوث عطل طارئ في أجهزة توليد القدرة الرئيسية ، يتم الاستفادة من القدرة الميكانيكية الناتجة عن سقوط المياه من هذا الخزان العالي عائدة إلى البحيرة عبر بوابات خاصة ، يستفاد منها في تدوير عنفات ، تدير بدورها مولدات كهربائية ، تقوم بتغطية النقص في القدرة الكهربائية ، ريثما ينخفض الحمل نتيجة انقضاء ساعات الذروة أو بعد تصليح العطل الطارئ . ومردود مثل هذه التجهيزات ليس منخفضاً ، لكن كلفته التأسيسية عالية جداً ، عدا عن أنها تتطلب شرطاً جغرافياً خاصاً ، وتقنية عالية لا تتوفر لدى كل بلدان العالم .

ج ـــ الطريقة الثالثة : تتم باستخدام البطارية ، التي تحـوّل القدرة الكهربائية إلى قدرة كيميائية ، ثم الاستفادة من هذه القدرة مرة أخرى عند احتياجها على شكل قدرة كهربائية ، ويمكن

تكرار دورات الشحن والتفريغ عدداً من المرات يتعلق بنوع البطارية ، ودرجة جودتها ، ومدى تخطي الحدود المسموحة لقيمها . وبواسطة ربط مجموعة من البطاريات على التسلسل والتفرع ، يمكننا الحصول على التوتر والتيار اللازمين بشكلهما المستمر وبالشكل المثالي تقريباً .

4 ـ أنواع البطاريات

4 ـ 1 ـ من حيث التركيب

قبل البدء بالتناول التفصيلي لكل نوع من أنواع البطاريات ، فإنه من المفيد إجراء استعراض سريع لهذه الأنواع مع بعض الميزات الرئيسية لكل نوع :

أ ـ البطارية الحمضية الرصاصية Lead acid Battery : وسميت كذلك لأن المواد الكيميائية التي تدخل في تركيبها هي الحمض ومركبات رصاصية ، وهي ذات استعمالات واسعة جداً ، وهي البطارية المسيطرة تقريباً في مجال إقلاع الآليات بشكل عام ـ عدا الطائرات ـ بالإضافة لتطبيقات عديدة أخرى ، وهي ذات كلفة منخفضة نسبياً ، ويتم إنتاج أنواع منها حالياً ذات مواصفات عالية ـ تم تجنب بعض سلبيات النماذج القديمة ، وتم إنتاج بطاريات منها لا تحتاج إلى صيانة ـ .

ب ـ البطارية القلوية Alkaline Battery : وسميت بهذا الاسم لأن السائل المستخدم فيها ذو طبيعة قلوية (محلول ماءات البوتاسيوم) . وهناك تسميات تفصيلية أخرى حسب نوع المواد الفعالة الرئيسية المستخدمة في البطارية القلوية : فبطارية نيكل كادميوم هي بطارية قلوية ، المواد الفعّالة فيها هي مركبات النيكل والكادميوم ، بينما تتألف المواد الفعالة لبطارية نيكل حديد من مركبات النيكل والحديد . أما بطارية الفضة توتياء فموادها الفعالة مؤلفة من مركبات الفضة والتوتياء .

وتملك هذه البطاريات بعض المواصفات التي تميّزها عن البطاريات الرصاصية الحمضية لكنها ذات كلفة أعلى .

ج ـ البطاريات الأولية ـ الجافة : وهي البطاريات الصغيرة الأسطوانية أو المفلطحة ، التي تستخدم في الأجهزة النقالة الصغيرة ، وبعض التجهيزات الإلكترونية ، بالإضافة لاستخدامات كثيرة أخرى ، والنوع السائد منها هو بطارية التوتياء ـ كربون المعروفة . بالرغم من وجود بطاريات ذات مواصفات أفضل مثل :

بطارية التوتياء ــ كربون ذات مانع الاستقطاب ، بطارية أساس ــ منغنيز ، بطارية أكسيد الزئبق ــ توتياء ، بطارية الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت .

ويصنع من الأنواع الثلاثة الأخيرة بطاريات صغيرة جداً الخاصة بالساعات الإلكترونية ، بالإضافة للنماذج الأخرى .

د ــ كما سنتطرق إلى لمحة عن بعض البطاريات الأخرى ومنها ما هو قيد التجريب والتطوير حالياً . مثل بطارية كلور التوتياء ــ وبطاريات كبريت صوديوم ــ بروميد التوتياء وغيرها . والتي تسمى البطاريات المتقدمة ، بالإضافة إلى البطاريات النووية .

4 ــ 2 ــ من حيث مدى الاستخدام

كما يمكن تقسيم هذه البطاريات حسب طريقة التعامل معها إلى :

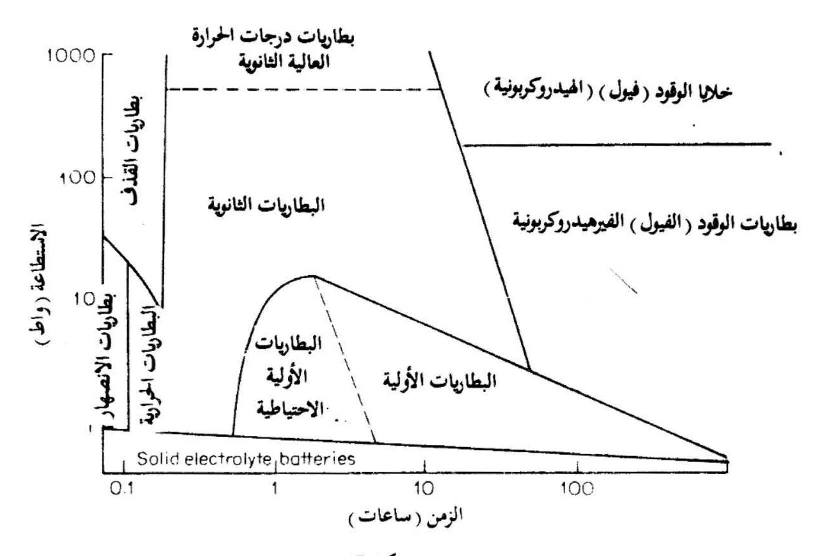
أ ــ البطاريات الأولية : وهي البطاريات غير القابلة لإعادة الشحن ، حيث يتم تفريغ القدرة المتولدة فيها لمرة واحدة ، ويرمز للأنواع التي يكون كهرليتها غير سائل بالبطاريات الجافة .

ب ــ البطاريات الثانوية : وهي البطاريات التي يمكن إعادة شحنها بعد تفريغها عدداً من المرات يتعلق بنوع البطارية ودرجة التفريغ (عمقه) .

ج ــ البطاريات الاحتياطية : وهي البطاريات التي لا تدخل العمل إلا بشرط إضافي وبالتالي يمكن تخزينها لفترة طويلة ، حيث تسمى عملية تحويل البطارية من الحالة غير الفعالة إلى الحالة الفعالة بعملية التنشيط .

وبدون هذه الصفة لهذه البطاريات ، فإنها تعتبر بعد التنشيط بطاريات أولية . وسيتم تناول البطاريات الاحتياطية بعد دراسة كل من البطاريات الرصاصية الحمضية والقلوية والأولية الجافة . والشكل التالي (شكل 7) يوضح منحني الاستطاعة بالنسبة للزمن لأنواع البطاريات الموجودة .

أما الجدول الأسفل (شكل 8) فيوضح أنواع البطاريات الممكنة والمواد الفعالة لها وبعض المواصفات الهامة لكل منها وهو مترجم فيما يلي



(شكل 7)

مستوى الاستطاعة المثلى وزمن استمرار العمل للبطاريات بأنواعها .

اسم البطارية ونوعها	مادة القطب الموجب الأساسية	مادة القطب السالب الأساسية	قيم نظرية		قيم عملية		
			جهد البطارية	سعتها	جهد البطارية	سعتها	
				أمبير ساعة/كغ	النموذجي	واط ساعة/كغ	واط ساعة/دسم³
بطاريات أولية							
لوكلانشيه	توتياء Zn	ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2	1.6	230	1.2	65	175
مغنزيوم	مغنزيوم Mg	ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2	2.0	270	1.5	100	195
ذات مهبط عضوي	مغنزيوم Mg	m - DNB	1.8	1400	1.15	130	180
أساس منغنيز	توتياء Zn	ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2	1.5	230	1.15	65	200
الزئبق	توتياء Zn	أكسيد الزئبق HgO	1.34	185	1.2	80	370
الزئبق كادميوم	كادميوم Cd	أكسيد الزئبق HgO	0.9	165	0.85	45	175
أكسيد الفضة	توتياء Zn	أكسيد الفضة AgO	1.85	285	1.5	130	310

(شكل 8)

جدول أهم البطاريات الممكنة والمواد الرئيسية فيها وبعض مواصفاتها الهامة

اسم البطارية ونوعها	مادة القطب الموجب الأساسية	مادة القطب السالب الأساسية	قيم نظرية		قيم عملية		
			جهد البطارية	سعتها أمبير ساعة/كغ	جهد البطارية النموذجي	سعتها واط ساعة/كغ	واط ساعة/دسم
توتياء ـــ هواء	توتياء Zn	هواء (أكسجين O_2)	1.6	815	1.1	200	190
الليثيوم وكهرليت عضوي	ليثيوم Li	ثاني أكسيد الكبريت SO_2	2.1 ÷ 5.4	130 ÷ 660	1.8 ÷ 3.2	250	400
بطاريات ثانوية							
رصاصية حمضية	الرصاص Pb	ثاني أكسيد الرصاص Pb_2O	2.1	55	2.0	37	70
أديسون	حديد Fe	أكاسيد النيكل	1.5	195	1.2	29	65
نيكل ـــ كادميوم	كادميوم Cd	أكاسيد النيكل	1.35	165	1.2	33	60
التوتياء ـــ فضة	التوتياء Zn	أكسيد الفضة AgO	1.85	285	1.5	100	170
الفضة ـــ كادميوم	كادميوم Cd	أكسيد الفضة AgO	1.4	230	1.05	55	120
التوتياء ـــ أكسيد النيكل	التوتياء Zn	أكاسيد النيكل	1.75	185	1.6	55	110
التوتياء ـــ هواء	توتياء Zn	هواء (أكسجين O_2)	1.6	815	1.1	150	155
كادميوم ـــ هواء	كادميوم Cd	هواء (أكسجين O_2)	1.2	475	0.8	90	90
التوتياء ـــ أكسجين	التوتياء Zn	أكسجين O_2	1.6	610	1.1	130	120
الهيدروجين ـــ أكسجين	الهيدروجين H_2	الأكسجين O_2	1.23	3000	0.8	45	65
بطارية احتياطية							
كلور النحاس ـــ المغنزيوم	**مغنزيوم Mg**	**كلور النحاس CuCl**	**1.6**	**240**	**1.4**	**45**	**65**
كلور الفضة ـــ المغنزيوم	**مغنزيوم Mg**	**كلور الفضة AgCl**	**1.8**	**170**	**1.5**	**60**	**95**
التوتياء ـــ أكسيد الفضة	**التوتياء Zn**	**أكسيد الفضة AgO**	**1.85**	**285**	**1.5**	**30**	**75**
بطاريات الأمونيوم	**كالسيوم Ca**	**بوتاسيوم K**	**2.8**	**240**	**2.6**	**10**	**20**
المنشطة بالحرارة	**المغنزيوم Mg**	**m - DNB**	**2.2**	**1400**	**1.7**	**22**	**60**
بطاريات درجة	**الصوديوم Na**	**الكبريت S**	**2.1**	**685**	**1.8**	**200**	**60**
الحرارة العالية	**الليثيوم Li**	**الكبريت S**	**2.2**	**1150**	**1.8**	**200**	**60**

5 ــ المميزات الرئيسية في البطاريات

5 ــ 1 ــ القوة المحركة الكهربائية

أو فرق الكمون بين قطبي البطارية، أو توتر البطارية، ونرمز لها بالرمز E وتقدر بالفولت، وتتعلق بالخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الداخلة في تركيب الألواح (البلاكات)، والسائل الكهرليتي، حيث تزداد هذه القوة المحركة **الكهربائية بازدياد** كثافة هذا السائل الكهرليتي (ازدياد نسبة الحمض إلى الماء المقطر في السائل الكهرليتي). ويجب الانتباه إلى أن ازدياد الكثافة عن حد معين، يصبح مضراً ويقصّر عمر الألواح.

ويمكن بواسطة المعادلة التجريبية التالية: $E = 0.85 \frac{d}{1000}$

الحصول على التوتر الذي تعطيه البطارية عند كثافة معينة للسائل الكهرليتي (في البطاريات الرصاصية الحمضية)، حيث d هي كثافة الحمض.

ونحصل على فرق الكمون بين القطبين بجمع أو طرح الكمونين المتشكلين على قطبي البطارية وذلك حسب وجود مادتي القطبين (المواد الفعالة للألواح الموجبة والسالبة) على طرفي عنصر الهيدروجين في سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن، أو في طرف واحد منه. وفي حالة بطارية رصاصية حمضية تأخذ الألواح السالبة (الرصاص الإسفنجي) كموناً سالباً، في حين تأخذ الألواح الموجبة (ثاني أكسيد الرصاص) كموناً موجباً، والفرق بين القيمتين (باعتبارهما في جهة واحدة بالنسبة لعنصر الهيدروجين في سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن) يعبر عن القوة المحركة الكهربائية للبطارية. فمثلاً إذا كان كمون الألواح الموجبة هو 2,2 فولت، كمون الألواح السالبة هو 0,1 فولت؛ فإن القوة المحركة لهذه البطارية هي: 2,2 − 0,1 = 2,1 فولت.

ولا تتعلق قيمة E بحجم الألواح أو كمية المادة الفعالة عليها، بل تتعلق بخواص ونوع المواد المستخدمة، فمثلاً إذا غمسنا قضيبين أحدهما توتياء، والثاني فضة. في سائل كهرليتي معين نحصل على قوة محركة كهربائية مقدارها 1,57 فولت، بينما إذا غمسنا في نفس السائل قضيبين آخرين (لهما نفس شكل وحجم القضيبين السابقين) أحدهما نحاس والثاني توتياء؛ فإن القوة المحركة الكهربائية الناتجة هي 1,17 فولت. أما كمية المادة ــ التي ليس لها فعل في تحديد قيمة القوة المحركة الكهربائية هنا ــ فهي عامل رئيسي في تحديد سعة البطارية كما سنرى أثناء دراسة ميّزة سعة البطارية..

درجة الحرارة (درجة مئوية)	المقاومة (أوم ـــ سم) عند الكثافة				المقاومة الدنيا عند الكثافة	
Temperature, °C	**Resistivity (ohm-cm) at density**				**Minimum resistivity at density**	
	1105	**1185**	**1265**	**1355**	**density**	**resistivity**
30	1.596	1.180	1.140	1.312	1235	1.129
25	1.689	1.261	1.231	1.422	1230	1.313
20	1.800	1.357	1.334	1.549	1225	1.319
10	2.090	1.606	1.602	1.885	1220	1.562
0	2.510	1.961	1.998	2.371	1210	1.923
−10	—	2.5	2.600	3.100	1205	2.480
−20	—	3.35	3.570	4.310	1195	3.340
−30	—	—	5.290	6.350	—	—
−40	—	—	8.39	9.89	—	—

(شكل 9)

مقاومة حمض الكبريت عند درجات كثافة ودرجات حرارة متعددة

5 ـــ 2 ـــ المقاومة الداخلية للبطارية

رمزها r وتقدر بالأوم وهي تتعلق بمقاومة السائل الكهرليتي وبوضع أو حالة المادة الفعالة، ودرجة الحرارة. إن المقاومة الداخلية في البطاريات الرصاصية الحمضية أقل منها في البطاريات القلوية، وتزداد هذه المقاومة بانخفاض درجة الحرارة وتنقص بارتفاعها، وهذا ينتج عن تأثير الحرارة على حركة الشوارد ومقدار هذه الحركة. كما يؤثر مدى اقتراب الألواح من بعضها، وكذلك سلامة توصيلات الألواح وكفايتها وتوصيلات كل نوع منها مع القطب المناسب على هذه المقاومة. ويتضح

من (الشكل 9) أن مقاومة سائل حمضي درجة كثافته 1265 كغ / م^3 عند درجة حرارة ــ 40م° تبلغ ثمانية أضعاف تقريباً من مقاومة نفس السائل الحمضي عند درجة الحرارة 30م° .

5 ــ 3 ــ القوة المحركة الكهربائية والمقاومة الداخلية

عند ربط حمل ما على قطبي بطارية ، فستبدأ البطارية بتقديم القدرة الكهربائية ، وبمعنى آخر تبدأ عملية تفريغ البطارية ، وهذا يعني عملياً أن تياراً كهربائياً يمر داخل البطارية من قطبها الموجب إلى قطبها السالب ، وخارج البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب .

وتلعب المقاومة الداخلية للبطارية دوراً هاماً ، سواءٌ في قيمة التوتر الذي تقدمه أثناء وجود حمل على مربطيها ، أو في قيمة التيار الممكن تقديمه وذلك حسب المعادلتين التاليتين :

$$E = I.R + Ir \longrightarrow I = \frac{E}{R + r}$$

حيث R هي مقاومة الحمل ، IR التوتر على مربطي البطارية ، r المقاومة الداخلية للبطارية ، Ir هبوط التوتر الحاصل نتيجة وجود المقاومة الداخلية للبطارية .. وهذا يعني أن القوة المحركة الكهربائية تساوي التوتر المطبق على الحمل الخارجي مضافاً إليه الجهد الهابط على المقاومة الداخلية للبطارية ، وهذا يفسر ما ذكر أعلاه ، وهو التأثير السلبي لارتفاع المقاومة الداخلية على تحديد التيار الممكن إعطاؤه من البطارية كذلك على مقدار التوتر على مربطي البطارية .

تنخفض كثافة السائل الكهرليتي خلال عملية التفريغ (في البطاريات الرصاصية الحمضية وليس في القلوية) . ويكون ذلك مصحوباً بانخفاض التوتر على مربطيها ، وسبب ذلك هو أن انخفاض كثافة السائل الحمضي يؤدي إلى تغير كمون القطب الموجب نقصاناً وتغير كمون القطب السالب زيادة ، فإذا هبط الكمون على القطب الموجب إلى 1,9 فولت ، فإن الكمون على القطب السالب يزداد إلى 0,15 فولت وبالتالي فإن التوتر على مربطي البطارية يصبح : 1,9 − 0,15 = 1,75 فولت .

بينما لا تتعلق كثافة السائل الكهرليتي في البطارية القلوية ، بحالة كون البطارية كاملة الشحن أو بحالة نصف تفريغ أو تفريغ كامل إلا بنسبة لا تذكر .

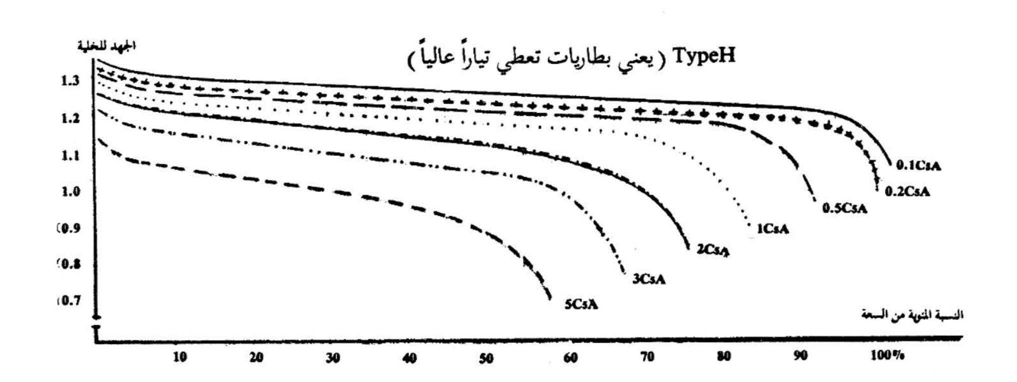
5 ــ 4 ــ المردود

ويرمز له بالرمز η ويعطى بالعلاقة :

$$\eta = \frac{C_{disch}}{C_{charg}} \cdot 100\% = \frac{I_{disch} \cdot t_{disch}}{I_{charg} \cdot t_{charg}} \; 100\,\%$$

حيث η المردود كنسبة مئوية . C_{disch} ، C_{charg} سعة التفريغ ، سعة الشحن وتقدران بالأمبير / ساعة . I_{disch} ، I_{charg} تيار التفريغ ، تيار الشحن يقدران بالأمبير . t_{disch} ، t_{charg} زمن التفريغ وزمن الشحن ويقدران بالساعة . ويؤثر في المردود العوامل التالية :

ــ إن خروج غازات من البطارية أثناء شحنها يؤدي إلى تخفيض المردود . وذلك لأن تصاعد هذه الغازات يدل على أن طاقة الشاحن أصبحت لا تصرف كلياً في التفاعلات الكيميائية المفيدة ، بل أن جزءاً منها يصرف في تحليل الماء الموجود في السائل الكهرليتي إلى الهيدروجين والأكسجين المكونين له ، وعملياً يبدأ تصاعد هذين الغازين عندما تصل درجة شحن البطارية إلى 80 ــ 90٪ من شحنها الكامل .

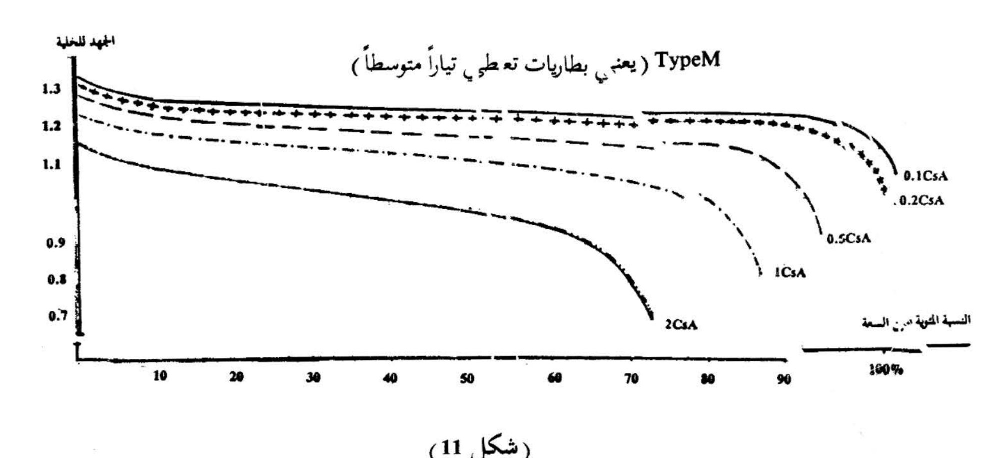


(شكل 10)

منحنيات التوتر ــ السعة عند استجرار تيارات مختلفة من بطارية نوع H عند درجة حرارة 25°م

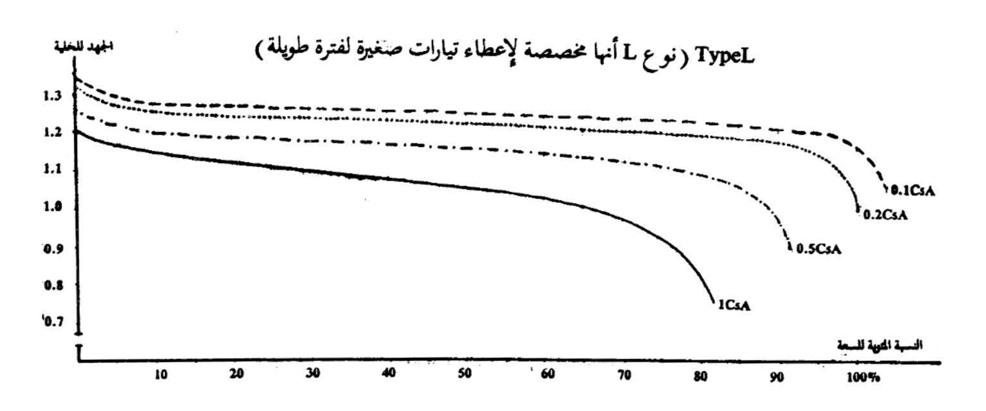
ــ كما أن التفريغ الذاتي يؤدي إلى تخفيض آخر في المردود ــ والتفريغ الذاتي يحدث بشكل دائم طبيعي في البطارية الرصاصية الحمضية ، نتيجة حدوث تفاعلات محلية داخلية في البطارية

سنذكرها بالتفصيل في بحث التفريغ الذاتي — وعطل زيادة التفريغ الذاتي في البطارية الحمضية الرصاصية. ويزيد في قيمته وجود أوساخ وترسبات بين الأنطاب وتوصيلاتها على سطح البطارية ، وهذا كله يقلل المردود.



(شكل 11)

منحنيات التوتر — السعة عند استجرار تيارات مختلفة من بطارية نوع M .



(شكل 12)

منحنيات التوتر — السعة عند استجرار تيارات مختلفة من بطارية نوع L

— كما يتعلق المردود بمقدار تيار التفريغ ، إذ ينخفض المردود بزيادة مقدار تيار التفريغ ، ذلك أن التفاعلات الكيميائية المصاحبة لتيارات التفريغ العالية تحدث على سطح الألواح ولا يستفاد من كامل المادة الفعالة عليها .

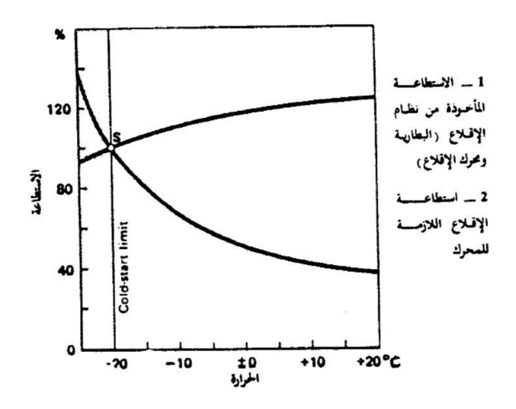
المنحنيات في الأشكال الثلاثة السابقة تدل على السعة المستفاد منها في بطارية قلوية حسب قيمة التيار المسحوب عند درجة حرارة 25°م أو 77 فهرنهايت .

ــ كذلك يتعلق المردود بدرجة الحرارة ، حيث ينخفض المردود مع انخفاض درجة الحرارة . وفق الجدول التالي .

المردود كنسبة مئوية	درجة حرارة البطارية	
	درجة مئوية	درجة فهرنهايت
100	26,7	80
65	∴	32
50	– (17,8)	∴
10	– (42,8)	– (45)

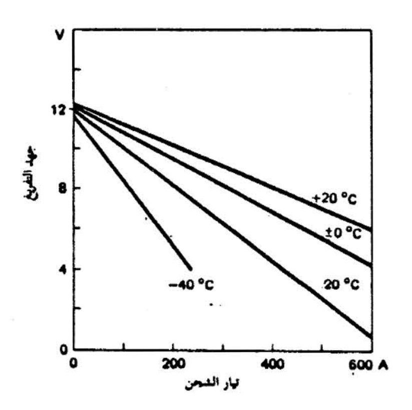
(شكل 13)

جدول يوضح قيمة مردود بطارية عند درجات حرارة مختلفة .



(شكل 14)

الاستطاعة اللازمة لإقلاع محرك عند درجات حرارة منخفضة ،
والاستطاعة التي تقدمها بطارية حسب درجة الحرارة



(الشكل 15)

التيارات الممكن سحبها من بطارية حسب درجة الحرارة أو تأثير درجة الحرارة على جهد التفريغ ، منحنيات التفريغ لبطارية 12 فولت (نصف مفرغة) عند درجات حرارة مختلفة

ومن الأشكال السابقة يتضح سبب ضعف البطارية في الأيام الباردة .

5 ــ 5 سعة البطارية وتقدر بالأمبير / ساعة

وتعرف بأنها كمية الكهرباء ، التي يمكن استجرارها من البطارية خلال عملية التفريغ ؛ أي تطبيق حمل على مربطيها ، والتي يستمر استجرارها إلى أن يصل توتر البطارية إلى الحد الأدنى المسموح (وهو 1,8 فولت في البطارية الحمضية الرصاصية ، و 0,7 فولت للبطارية القلوية ، علماً أن هذين الرقمين يمكن أن يختلفا زيادة ونقصاناً بنسبة طفيفة حسب الشركة الصانعة ، وطريقة التفريغ) .

وتعتمد سعة البطارية على نوع وكمية المادة الفعالة المستخدمة ، وحسن وكفاية توزيعها ، ويمكن حساب مقادير الرصاص وحمض الكبريت وثاني أكسيد الرصاص ، التي تدخل في التفاعل الكيميائي خلال عملية التفريغ ، حسب قوانين فاراداي في التحليل الكهرليتي وذلك بالنسبة لبطارية حمضية رصاصية :

حيث إن تحول الغرام المكافئ الواحد من المادة الفعالة ، والذي يحدث نتيجة سريان كمية

محددة من الكهرباء ــ هذه الكمية تسمى فاراداي ــ وحيث إن الغرام المكافئ يساوي إلى الوزن الذرّي للمادة الفعالة، التي تدخل في التفاعل، مقسماً على عدد الإلكترونات المنتقلة.

وبما أن الوزن الذري للرصاص هو 207,21 ويدخل إلكترونان من ذرة الرصاص في التفاعل فإن الغرام المكافئ للرصاص هو $103{,}6 = \frac{207{,}21}{2}$ غ.

وعلى ذلك فإنه عند مرور كمية كهرباء مساوية لفاراداي واحد؛ فإن 103,6 غ من الرصاص سوف تتحول إلى كبريتات الرصاص على الألواح السالبة. لكن وبما أن الفاراداي يساوي 26,8 أمبير / ساعة، فإنه عند استجرار واحد أمبير / ساعة من بطارية، نجد أن كمية الرصاص المصروفة لتشكيل كبريتات الرصاص لا تساوي 103,6 غ، بل $3{,}86 = \frac{103{,}6}{26{,}8}$ غ.

وبطريقة مشابهة يمكن بالحساب إيجاد أنه عند استلام واحد أمبير / ساعة من البطارية؛ فإن 4,46 غ من أكسيد الرصاص ستتحول إلى كبريتات الرصاص على الألواح الموجبة. بينما تصرف كمية 3,66 غ من الحمض لتشكيل 0,672 غ من الماء. لذلك نستنتج أنه للحصول على سعة أكبر يلزمنا تقديم عدد أكبر من الألواح وبكميات أكبر من المواد الفعالة، وكمية كافية من حمض الكبريت.

ويمكن تعريف سعة البطارية بأنها كمية الكهرباء التي يمكن أن تقدمها عند تفريغها بتيار معين، وعند درجة حرارة معطاة، إلى أن يصل توترها إلى الحد الأدنى المعروف والمسموح به. وبالنسبة لتيار ثابت؛ فإن سعة البطارية يمكن حسابها بالمعادلة:

$$C_{disch} = I_{disch} \cdot t_{disch}$$

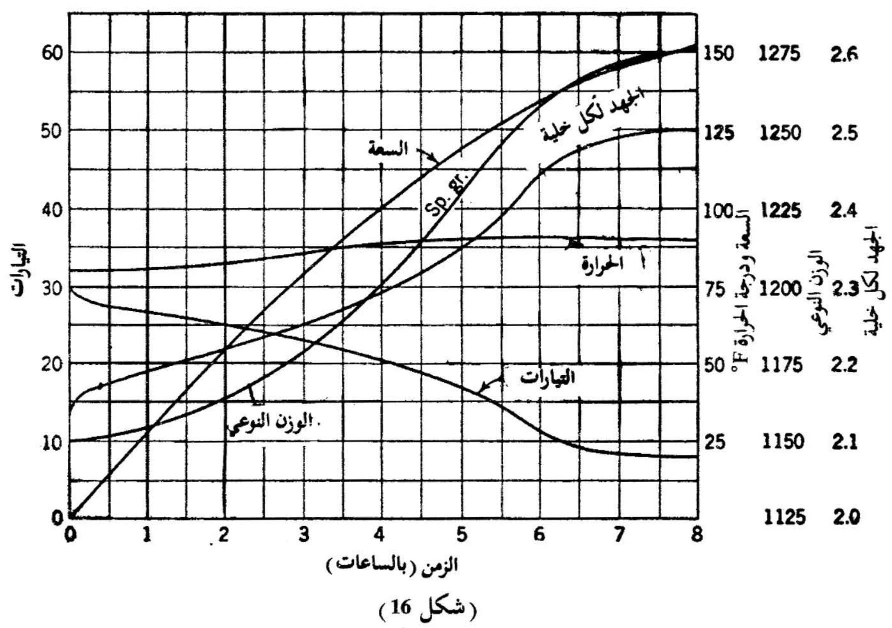
حيث t_{disch} هو زمن التفريغ ويقدر بالساعات.

و I_{disch} تيار التفريغ ويقدر بالأمبير.

وبما أن السعة تعتمد على كل من تيار التفريغ، التوتر الأصغري المسموح بالوصول إليه ودرجة الحرارة، لذلك يجب عند تحديد سعة بطارية أن تقترن كتابة هذه القيمة مع معدل عام نوعي لعملية التفريغ.

حيث يؤخذ بالنسبة لبطاريات السيارات معدل تفريغ خلال عشر ساعات، وهذا يعني

استجرار التيار الذي تستمر البطارية بتقديمه ، لمدة عشر ساعات ويرمز له I_{C10} ، يصل توترها بعد ذلك إلى الحد الأدنى المسموح .



(شكل 16)

مجمل المنحنيات الخاصة بعمل بطارية رصاصية حمضية وذلك عند الشحن

ولبطاريات المحركات يؤخذ معدل تفريغ خلال عشرين ساعة عند درجة حرارة 30°م ويرمز له I_{C20} أما البطاريات القلوية ؛ فيؤخذ معدل التفريغ خلال 8 ساعات عند درجة الحرارة 15 إلى 30°م . ويرمز له I_{C18} .

وهذه المعدلات تختلف من شركة إلى أخرى ، وهذا يعني أيضاً وجود معدلات أخرى ، فمثلاً بعض الشركات تعتمد على التيار الثابت ، الذي يمكن أن تعطيه البطارية لمدة 25 دقيقة ، وعند ذلك تحسب سعتها كما يلي : لنفرض أن التيار المذكور خلال هذه المدة كان 125 أمبير فتكون سعة البطارية :

$$\frac{25}{60} \times 125 = 52{,}1$$ أمبير / ساعة .

وبعض الشركات تحسب سعة البطارية على أساس التيار الثابت المسحوب من البطارية بشكل مستمر لمدة 20 ساعة دون أن يهبط توترها عن التوتر الأدنى المسموح مضروباً بـ 20 ساعة .

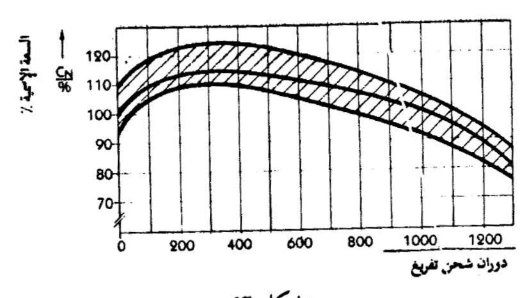
ونؤكد بأنه عند زيادة قيمة تيار التفريغ فإن سعة البطارية المستفاد منها تنخفض كما هو موضح في الأشكال 12,11,10 . وزيادة تيار التفريغ في بطارية حمضية رصاصية تؤدي إلى تخفيض في السعة أكثر من تأثير نفس التيار على بطارية تملك نفس السعة ، إنما من النوع القلوي .

كذلك ترفع زيادة درجة حرارة السائل الكهرليتي مقدار سعة البطارية المستفاد منها ، حيث تزداد السعة بنسبة 1٪ لكل درجة مئوية واحدة تقريباً ، لكن من غير المقبول عملياً زيادة السعة بواسطة رفع درجة الحرارة ، لأن ارتفاعها فوق الحدود المسموحة ــ يجب أن لا تتجاوز 40°م ــ يؤدي إلى إنقاص عمر البطارية .

وعلى العكس تنخفض السعة المستفاد منها بشكل كبير أيضاً عند درجات الحرارة المنخفضة ، وهذا يحدث بشكل أوضح وأشد ، في البطارية الرصاصية الحمضية ، عنه في البطارية القلوية .

ويجب الانتباه إلى أن سعة البطارية لا تبقى ثابتة خلال فترة خدمتها ، بل تكون في حدودها العظمى بعيد وضعها في الخدمة ، ثم تبدأ بالانخفاض بشكل تدريجي بسبب التلف التدريجي الذي يصيب المواد الفعالة في الألواح . ومعدل هذا التلف يتعلق بنوع البطارية وحسن صناعتها ، ودرجة العناية وظروف التشغيل ، وعمر البطاريات القلوية أطول من عمر البطاريات الحمضية ، وينتج حالياً بطاريات من كلا النوعين ، لا تحتاج إلى صيانة تذكر لمدة خمس سنوات كحد أدنى .

كما أن السعة في البطاريات تعتمد بنسبة كبيرة على حالة السائل الكهرليتي ، وبشكل خاص إذا احتوى سائل البطارية القلوية على كربونات البوتاسيوم فإن السعة تنخفض بدرجة كبيرة .



(شكل 17)
منحني سعة البطارية كتابع لعدد دورات التفريغ والشحن

5 ــ 6 ــ الاستطاعة والطاقة للبطارية

يعبر عن الاستطاعة بالمعادلة $P = U . I$ وتقدر بالواط حيث U هو توتر مربطي البطارية ويقدر بالفولط و I التيار ويقدر بالأمبير . وتعتمد الاستطاعة التي يمكن استجرارها من البطارية خلال

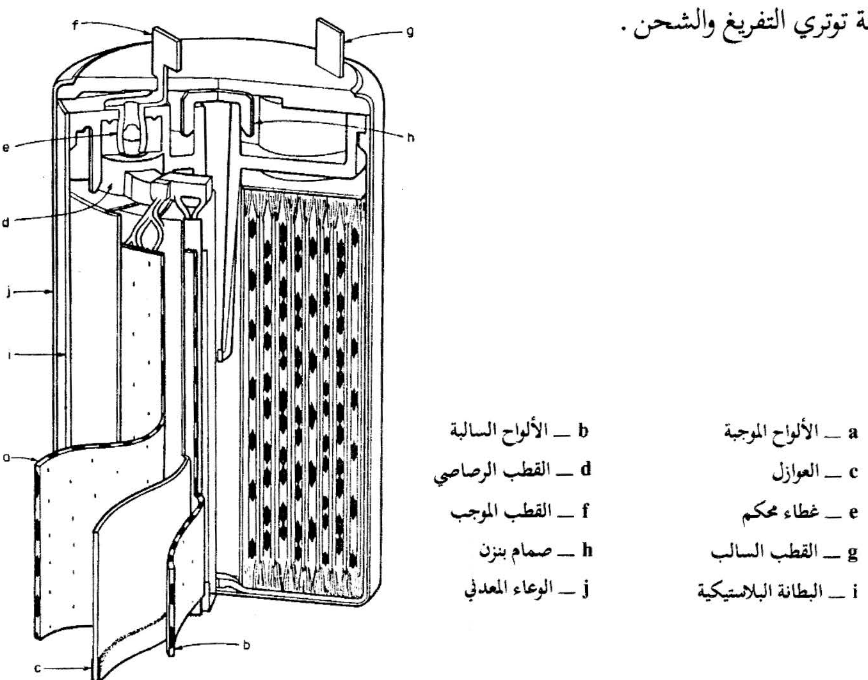
عملية التفريغ ، على كل من زمن ومعدل التفريغ ودرجة الحرارة . كما أنه عند أخذ المواصفات النوعية لبطارية يعبر عن وحدات الطاقة الموجودة فيها بالواط ساعة كما يلي :

$$W_{disch} = C_{disch} \cdot U_{disch} = U_{disch} \cdot I_{disch} \cdot t_{disch}$$

حيث U_{disch} هو توتر مربطي البطارية الوسطي خلال عملية تفريغها .

والتوتر الوسطي للبطارية الرصاصية الحمضية يساوي حوالي 1,9 فولت وللبطارية القلوية 1,2فولت وذلك في حالة التفريغ . أما عند الشحن فإن التوتر الوسطي للبطارية الرصاصية الحمضية هو 2,4 فولت وللقلوية 1,6 فولت .

وتعتمد الطاقة المستلمة من البطارية على سعة البطارية وتوترها ، ومعدل تيار التفريغ وحسن التوصيلات ، ودرجة حرارة السائل الكهرليتي وحالة ونوع البطارية . وتعتمد بعض الشركات مردود الطاقة كميزة رئيسية للبطارية ، وهي تعبر عن قابلية البطارية على إعادة الطاقة التي كانت قد أخذتها أثناء عملية الشحن . ويعتمد مردود الطاقة على نفس عوامل مردود البطارية بالإضافة إلى نسبة توتري التفريغ والشحن .



(شكل 18)

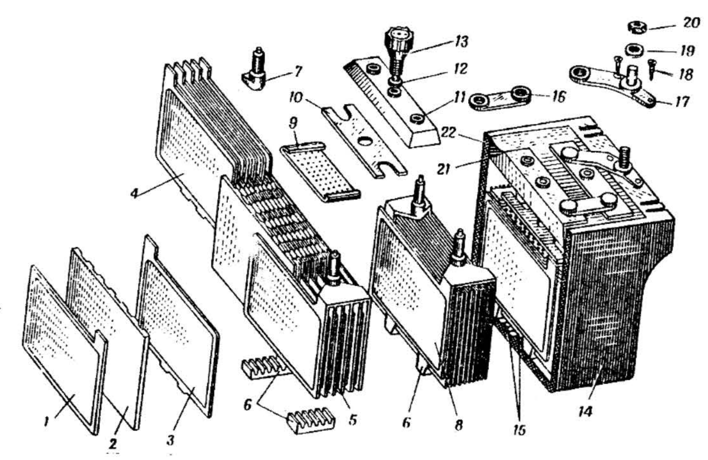
مقطع في بطارية رصاصية حمضية أسطوانية

الفصل الثاني

البطاريات الرصاصية الحمضية

1 ــ البطارية الحمضية الرصاصية Lead Acid Battery

كما ذكرنا سابقاً يسمى هذا النوع من البطاريات بالرصاصية الحمضية، لأن المواد التي تصنع منها هي مركبات رصاص، وحمض كبريت ــ وهي النوع الأكثر مصادفة بين البطاريات السائلة.



(شكل 19)

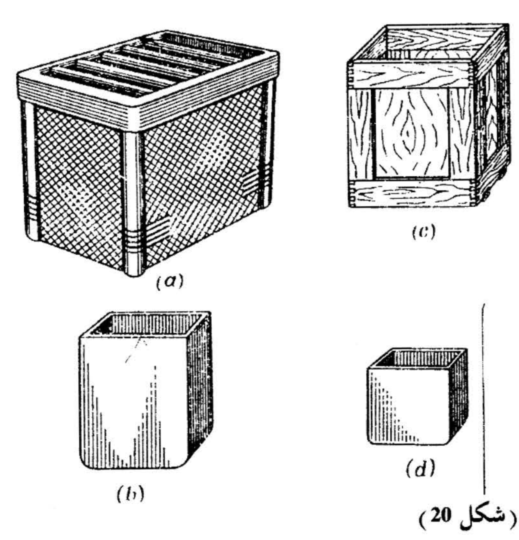
الأجزاء الرئيسية في بطارية رصاصية حمضية كلاسيكية

تركيبها : كما في (الشكل 19) .

تتركب هذه البطارية من : العبوة (14) ، الألواح (الموجبة 4 ، السالبة 5) ، العوازل (2) ، غطاء سطح البطارية الذي يحوي فتحات الأقطاب (11) ، وفتحة الملء بالسائل الكهرليتي (12) ، وغطاء هذه الفتحة (13) ، ومساند الألواح (6) ، والشبكة فوق الألواح (9) ، والمادة اللاصقة التي تحكم إغلاق سطح البطارية (الزفت 22) ، والوصلات بين أقطاب الخلايا (16) . وسنتناول كل جزء بالتفصيل فيما يلي :

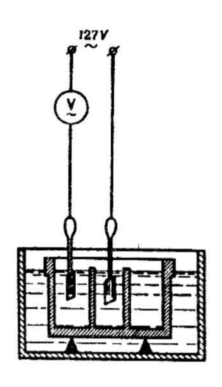
1 ــ 1 ــ العبوة

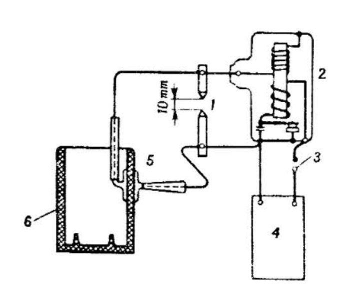
يجب أن تكون من مادة عازلة كهربائياً ، ثابتة التركيب ، لا تتأثر بالحمض ، كتيمة ، وقد كانت تصنع سابقاً من الخشب المبطن بالرصاص ، كما صنعت من الزجاج ، ثم المطاط القاسي ، وأخيراً سيطرت المواد البلاستيكية (البوليبروبلين) ، حيث قدمت هذه المواد حجماً فعلياً أكبر لمحتويات البطارية بالنسبة لحجم خارجي ثابت ، وذلك بالمقارنة مع المواد السابقة ، ويمكن صنع هذه العبوة البلاستيكية بألوان وأحجام مختلفة ، بالإضافة إلى الأنواع الشفافة التي تسهل مراقبة السائل الكهرليتي عن بعد . وحالياً يستخدم المطاط القاسي في صنع البطاريات الكبيرة ، وتسيطر المواد البلاستيكية على البطاريات الصغيرة ، حيث تقوّى جدرانها بأعصاب على شكل مجاري .



a ــ بطارية لست خلايا في عبوة وحيدة لبطارية إقلاع .
b ــ عبوة زجاجية لبطارية ذات عمل عادي دائم ثابت .
c ــ وعاء خشبي لاحتواء بطارية .
d ــ وعاء من الإيبونيت .

(شكل 20)
بعض نماذج العبوات الخاصة ببطارية رصاصية حمضية





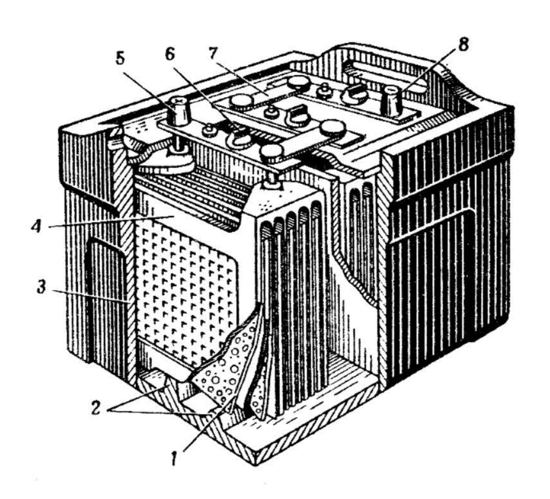
(شكل 22)

طريقة اختبار عازلية أمكنة خلايا متعددة في عبوة واحدة .

(شكل 21)

طريقة اختبار تحمل عبوة البطارية للتوتر العالي .

1 ــ فجوة الشرارة (الانهيار) 2 ــ محرّض 3 ــ مفتاح 4 ــ مصدر التغذية 5 ــ قطبا الاختبار 6 ــ العبوة قيد الاختبار .



(شكل 23)

مقطع في بطارية رصاصية حمضية كاملة

1 ــ العوازل 2 ــ عتبات الاستناد 3 ــ عبوة من البلاستيك لثلاثة خلايا 4 ــ مجموعة الألواح السالبة 5 ــ القطب الموجب 6 ــ غطاء فتحة الملء 7 ــ وصلة بين خليتين 8 ــ القطب الموجب .

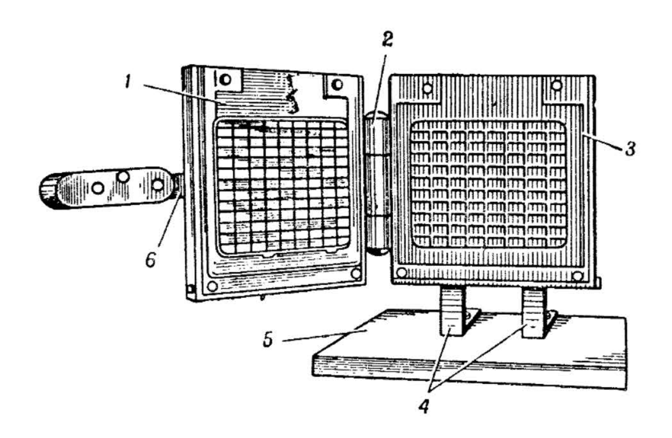
وينصح بوجود عتبات في قعر العبوة تستند عليها الألواح بحيث تمنع حدوث تماس مباشر بين الترسبات التي تشغل الفراغ بين هذه العتبات والألواح . ويعلو جدران العبوة بروزات (حوافٍ)

متينة تساعد في حمل أو ربط البطارية وتسمح عند **الاضطرار** بوضع صفين من البطاريات فوق **بعضهما** في المستودع على أن تستند العليا منها على تلك البروزات .

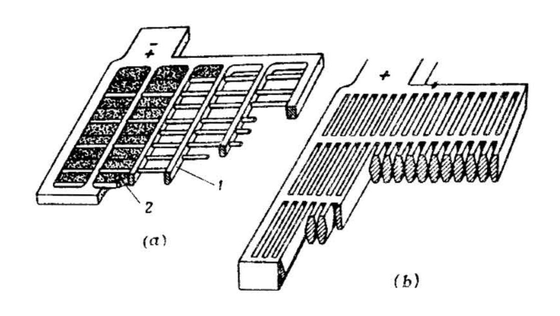
1 ـــ 2 ـــ الألواح Plates

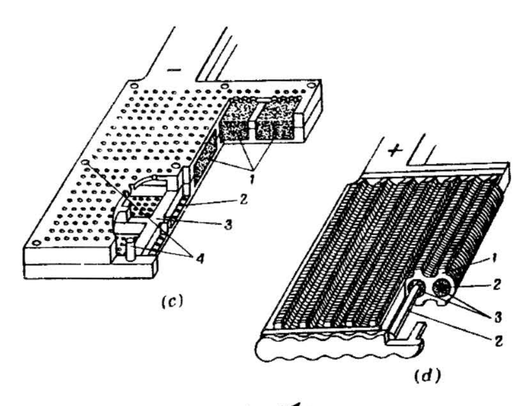
تختلف ألواح البطارية بالشكل والأبعاد وطريقة التصنيع حسب الشركة الصانعة وسعة ومجال عمل البطارية ، فيمكن أن نجد الألواح الشبكية المشكلة بالعجينة (شكل a25) ، أو الألواح ذات النوع السطحي Plante (الشكل b25) ، أو الألواح الصندوقية (شكل c25) أو الألواح المسلحة (شكل d25) .

وعملياً تشترك كل الألواح بوجود هيكل ما من الرصاص المسبوك مع نسبة من الأنتموان وهذا الهيكل يعتبر بمثابة دعامة وحامل للمادة الفعالة على اللوح ، كما أنه ضروري من أجل نقل التيار الكهربائي وتوزيعه على كامل سطح الألواح . وبدونه يحصل عدم انتظام في التيار بين أجزاء اللوح الواحد (يزداد التيار في منطقة ازدياد سماكة المادة الفعالة ، وفي الجزء الأكثر تعرضاً للسائل الكهرليتي) . مما يؤدي إلى الاهتراء السريع وسقوط جزئيات المادة الفعالة تباعاً . ويكون الهيكل الشبكي في الألواح الموجبة أكبر وأقوى منه في الألواح السالبة .



(شكل 24)
قالب لسباكة الهيكل الشبكي لألواح بطارية رصاصية حمضية يدوياً





(شكل 25)

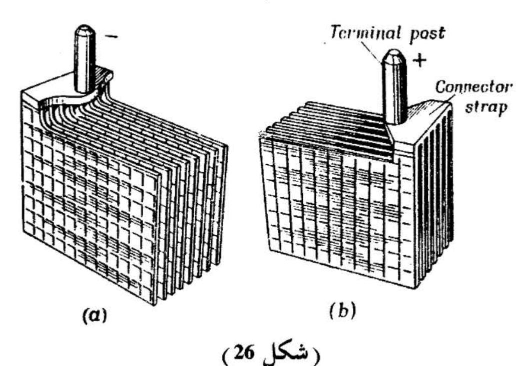
نماذج توضيحية لألواح بطارية رصاصية حمضية .

a ـــ الألواح ذات التشكيل العجيني : 1 ـــ الهيكل الشبكي 2 ـــ المادة الفعالة .

b ـــ اللوح السطحي (بلانتي) من النوع الموجب .

c ـــ اللوح الصندوقي (سالب) :1 ـــ المادة الفعالة 2 ـــ ثقوب لمرور السائل الكهرليتي 3 ـــ الصندوق الرصاصي 4 ـــ تباشيم .

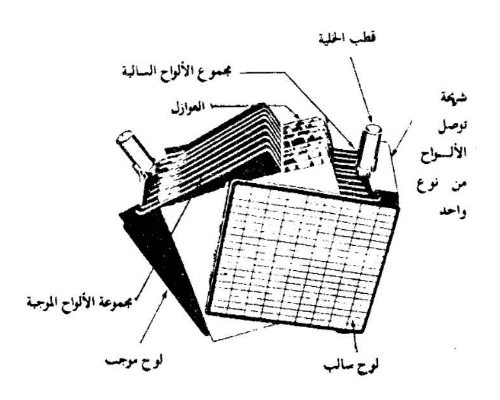
d ـــ لوح مسلح موجب : 1 ـــ ثقوب القشرة القوية 2 ـــ قضبان نقل التيار 3 ـــ المادة الفعالة .

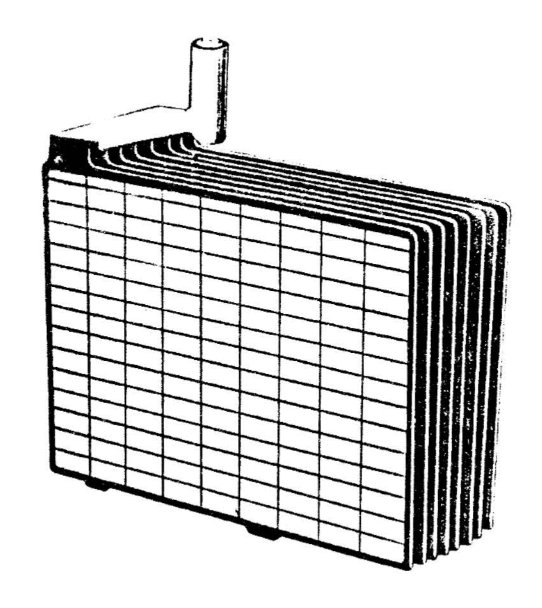


(شكل 26)

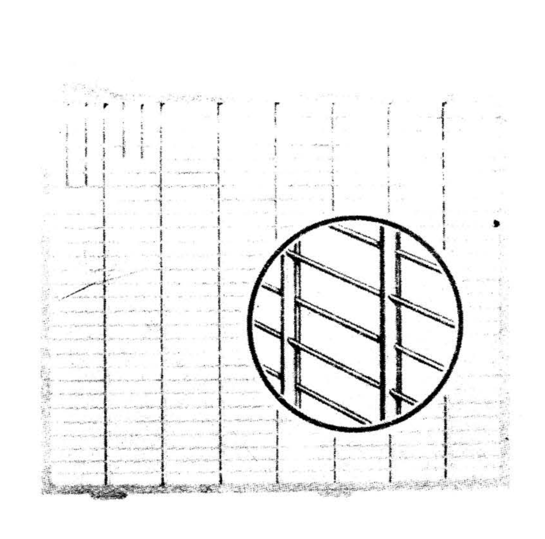
مجموعتا الألواح السالبة والموجبة مجمعتان كل على حدة

إن إضافة عنصر الأنتموان إلى الرصاص بنسبة (6,5 — 7,5٪) تؤدي إلى الميزات التالية :





مجموعة ألواح بطارية



الهيكل الشبكي للوح بطارية

(شكل 27)

طريقة ترتيب وتجميع الألواح السالبة والموجبة والعوازل لخلية واحدة

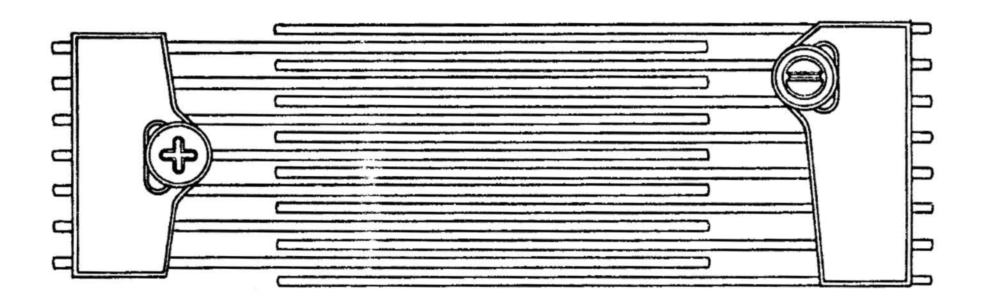
تنخفض درجة انصهار الرصاص من 327°م عندما يكون نقياً إلى 285°م عند إضافة نسبة الأنتموان المذكورة سابقاً ، مما يسهل عملية التصنيع بعيداً عن درجة حرارة التأكسد . كما تزداد قوة

الشد من 125,13 كغ / سم^{2} للرصاص النقي إلى 480,85 كغ / سم^{2} لخليطة الرصاص أنتموان بنفس النسبة السابقة .

غير أن هناك سلبيات عن هذه الإضافة تتجلى بارتفاع المقاومة النوعية من 0,222 $\frac{\text{أوم مم}^{2}}{\text{م}}$ للرصاص النقي إلى 0,253 $\frac{\text{أوم مم}^{2}}{\text{م}}$ لخليطة الرصاص أنتموان ، بالإضافة إلى ظواهر التفريغ الذاتي التي تعتبر نسبة الأنتموان الموجودة في الألواح أحد أسبابها وسنتكلم بالتفصيل عن ذلك في فقرة التفريغ الذاتي وعطل زيادة التفريغ الذاتي .

ويزيد عدد الألواح السالبة في البطاريات الرصاصية الحمضية عن عدد الألواح الموجبة بمقدار لوح واحد ، وبذلك يكون اللوح السالب موجوداً على طرفي الخلية الواحدة ، وهذا يفيد في جعل الكمون موحداً على طرفي الخلية ، بالإضافة إلى أن التفاعلات الكيميائية على الألواح الموجبة أنشط منها على الألواح السالبة ، كما أنها أكبر عادة لذلك يفيد وجود لوح سالب إضافي في عملية التوازن .

والمادة الفعالة على الألواح الموجبة هي ثاني أكسيد الرصاص ، بينما المادة الفعالة للألواح السالبة هي الرصاص الإسفنجي . وفي حالة الشحن الكامل يصبح لون الألواح الموجبة كلون الشوكولا (بني محروق) ، بينما تأخذ الألواح السالبة اللون الرمادي .



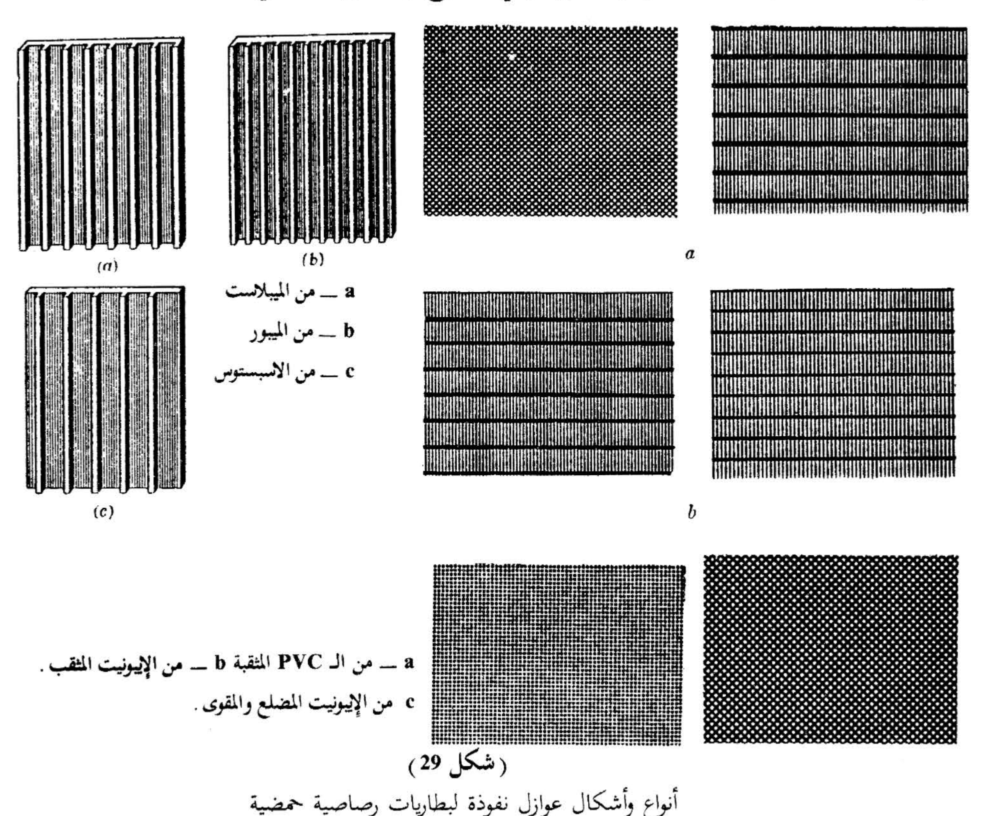
(شكل 28)

رسم تمثيلي من الأعلى لترتيب الألواح الموجبة. والسالبة في بطارية رصاصية حمضية

أما أبعاد الألواح (الطول والعرض والسماكة)؛ فإنها تتحدد بالاستناد إلى سعة البطارية (تناسب طردي)، ولكل شركة صانعة أبعاد نموذجية لكل سعة بالإضافة للحظ نوع عمل البطارية بالنسبة للتيارات (المقدار وزمن الاستجرار)، فمن أجل بطارية مخصصة لإعطاء تيارات عالية خلال أزمنة صغيرة تصنع الألواح بمساحات واسعة وسماكة قليلة. بينما من أجل البطاريات المخصصة لإعطاء تيارات صغيرة لفترات طويلة تصنع الألواح سميكة.

1 ــ 3 ــ العوازل ــ الفواصل Separators

وتتوضع هذه العوازل بين نوعي اللوحين وعملها منع التماس المباشر بينهما وهي عبارة عن صفيحة من مادة عازلة كهربائياً نفوذة؛ أي أنها تمنع التماس الميكانيكي المباشر بين نوعي اللوحين، ولكنها لا تمنع حركة الأيونات، أو الشوارد، أو بالأحرى يجب أن لا تؤثر سلبياً على التفاعل الكيميائي الذي يحدث بين المواد الفعالة الموجودة على نوعي الألواح والسائل الحمضي.



(شكل 29)

أنواع وأشكال عوازل نفوذة لبطاريات رصاصية حمضية

، ويسمح وجود هذا العازل بتصغير المسافة بين الألواح إلى الحد الأدنى دون الخوف من حدوث تماس مباشر ، وهذا ينعكس إيجابياً في تصغير المقاومة الداخلية لكل خلية ، وإنقاص حجم البطارية ككل .

ويمكن صنع هذه العوازل من صفائح مثقبة من الخشب أو المطاط القاسي أو الـ **PVC** (Poly Vinylchloride) . وحديثاً جرى استخدام عوازل مصنوعة من ألياف الزجاج ، أو ألياف الزجاج والخشب .

وعند صنع هذه العوازل ينصح بوجود بروزات على أحد سطحي هذه العوازل بحيث يقع هذا السطح مقابل اللوح الموجب ، وهذا يعطينا ميزتين : الأولى وهي وجود كمية أكبر من السائل الكهرليتي حول هذه الألواح ، والثانية أنها تفيد في تخفيض مساحة التماس المباشر بين هذه الألواح الموجبة والعوازل ، وبالتالي نتلافى التأثير المؤكسد الناتج عن إطلاق غاز الأكسجين من الألواح الموجبة عند زيادة الشحن على هذه العوازل .

1 ــ 4 ــ السائل الحمضي

1 ــ 4 ــ 1 ــ السائل الكهرليتي Electrolyte ــ الكهرليت ــ ويتركب من حمض الكبريت والماء المقطر بنسبة معينة (إن نسبة الحمض إلى الماء المقطر هي 36٪ وزناً و 25٪ حجماً تقريباً) ، بحيث تتراوح كثافته بين 1210 إلى 1300 كغ / م^3 ، وذلك حسب درجة حرارة المحيط ، حيث يجب رفع درجة كثافة السائل الكهرليتي مع انخفاض درجة الحرارة ، وبالعكس يجري تخفيضها عند ارتفاع درجة الحرارة . وسنتناول **فيما يلي المتطلبات النظامية في مواصفات كل من حمض الكبريت والماء المقطر المستخدمين في تحضير السائل الحمضي :**

1 ــ 4 ــ 2 ــ حمض الكبريت Sulfaric Acid : ورمزه الكيميائي H_2So_4 ، وهو سائل ثقيل شفاف زيتي القوام ليس له رائحة ، سهل الانحلال في الماء ، وترتفع درجة الحرارة عند انحلاله في الماء بشكل كبير ، ويمكن الحصول عليه بنسبة نقاء تصل إلى 95٪ أو بكثافة مقدارها 1830 كغ / م^3 وذلك عند درجة الحرارة 15°م .

ويعتبر الحمض مقبولاً من أجل استخدامه في البطاريات إذا لم تزد نسب الشوائب فيه عن الحدود التالية لكل نوع من الشوائب :

المنغنيز 0,0001٪ ، الحديد 0,012٪ ، أرسنيك 0,0001٪ ، الكلور 0,0005٪ ، أكاسيد النيتروجين (الآزوت) 0,0001٪ .

كما يجب التأكد من خلو الحمض من العناصر المرجعة أو المعادن الثقيلة .

ويجب وضع علامة صفراء مميزة على عبوة الحمض خصوصاً المركز منه ، مع ملاحظات كتابية تحذيرية واضحة ـــ خطر الاحتراق ـــ ويجب حفظ الحمض بغرف منفصلة ، على أن يسمح للماء المقطر فقط بالتخزين بنفس الغرف .

وهذه الإجراءات يجب اتباعها لتلافي الأخطار التي يمكن حدوثها نتيجة تعرض جسم الإنسان أو مواد أخرى كثيرة إلى الحمض . وسنتناول ذلك بمزيد من التفصيل فيما بعد .

1 ـــ 4 ـــ 3 ـــ **الماء المقطر** : وهو الماء الذي يجب استخدامه في تحضير السائل الكهرليتي سواء للبطارية الرصاصية الحمضية أو القلوية . وفيما يلي المتطلبات النظامية في مواصفات هذا الماء :

1 ـــ يجب أن تتراوح قيمة الـ PH له بين (5,4 — 6,6) حيث أن

$$PH = -\log(H^{+})$$

وحيث H^{+} هو تركيز شوارد الهيدروجين في الماء ، والقيمة PH تعيّن وجود الحموض والأسس (القلويات) في الماء ، ومن الناحية الكيميائية فإن الماء النقي يجب أن تكون قيمة الـ PH فيه مساوية إلى (7) ، ويظهر الماء رد فعل حمضي إذا كانت هذه القيمة أقل من (7) ، بينما يكون رد فعله قلوياً إذا كانت هذه القيمة مساوية لـ (8 — 14) .

2 ـــ يجب أن لا يحوي الليتر من الماء المقطر على أكثر من 5 ميللي غرام من البقايا الجافة ، وأن لا يزيد الأمونيوم أو أملاحه عن 0,05ملغ لكل ليتر ، والسلفات عن 0,05ملغ / ليتر ، أما محتويات الليتر من الكلور فيجب أن لا تزيد عن 0,02ملغ لكل ليتر ، ومحتويات الكالسيوم يجب أن لا تزيد عن 1,0ملغ / ل .

3 ـــ يجب أن يختبر الماء المقطر للكشف عن المعادن الثقيلة ومكونات الآزوت .

٤ ـــ يجب الكشف في الماء المستخدم للبطاريات عن وجود شوائب الحديد .

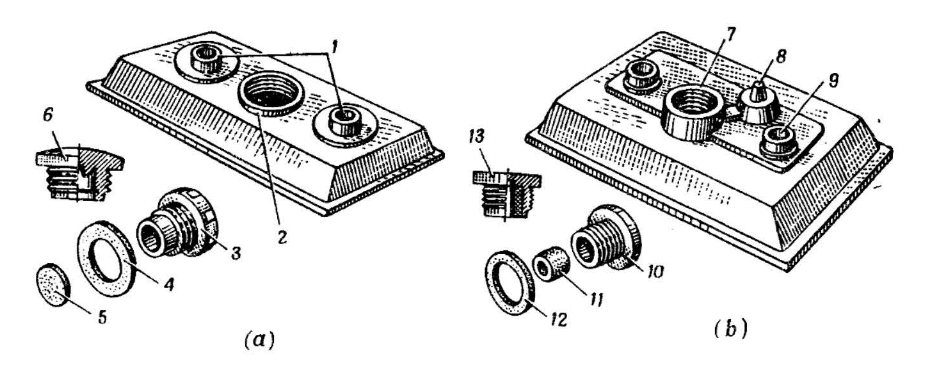
في الحالات الاضطرارية أو كاستثناء، يمكن استخدام ماء المطر أو الماء الناتج عن إذابة الثلج على شرط أن لا يجمع هذا الثلج من سطح معدني أو في وعاء معدني، وذلك بعد مرورها على مرشحات ورقية أو من القماش.

والماء المقطر المستخدم للبطارية القلوية، يخضع لنفس شروط الماء المقطر للبطارية الحمضية الرصاصية عموماً، لكن يسمح عند الضرورة باستخدام ماء الشرب. ويتم الحصول على الماء المقطر من أجهزة خاصة تسمى أجهزة تقطير الماء، ويمكن الحصول عليها باستطاعات مختلفة حسب كمية الماء المقطر اللازمة.

1 ـــ 5 ـــ غطاء سطح البطارية

يتألف النوع العادي منه من مادة بلاستيكية قاسية نوعاً ما، تحوي ثلاث فتحات، الوسطى منها مخصصة لإملاء الخلية بالسائل الكهرليتي أو إضافة الماء المقطر، وهذه الفتحة مجهزة بغطاء يحوي ثقب تهوية يسمح بخروج الغازات، التي تنتج عن التفاعلات داخل الخلية عند الشحن الزائد، وفي البطاريات الحديثة تجهز هذه الفتحة بحيث تدل على مستوى السائل الكهرليتي في الخلية، وتمنع دخول أي سائل إضافي بعد الوصول إلى المستوى المطلوب **Nonover Fulldevice**. ويعتمد مبدؤها على وجود سدادة داخل هذه الفتحة ترتفع مع ارتفاع مستوى السائل، بحيث تغلق الفتحة (وبالتالي تمنع دخول أي سائل إضافي)، عند الوصول إلى المستوى النظامي للسائل الكهرليتي.

أما الفتحتان الجانبيتان لغطاء سطح البطارية، فإحداهما للقطب الموجب الذي يتصل مع كل الألواح الموجبة، والثانية للقطب السالب الذي يتصل بدوره مع كل الألواح السالبة. وعلى هذا الأساس تكون الوصلات بين عدة خلايا مشكلة لبطارية واحدة، عبارة عن وصلات ظاهرة فوق غطاء سطح البطارية، كما هو الحال في البطاريات الكلاسيكية. أما في البطاريات الحديثة، فتتبع الشركات الصانعة أسلوباً آخر بالنسبة لهذه الوصلات، في حال بطارية تحوي أكثر من خلية واحدة. وذلك بجعل الوصلات بين هذه الخلايا غير ظاهرة أي تحت الغطاء الكامل الوحيد للبطارية ككل، وبذلك تكون الفتحات الموجودة فيه مساوية لعدد الخلايا، إضافة إلى فتحتي القطبين النهائيين للبطارية.



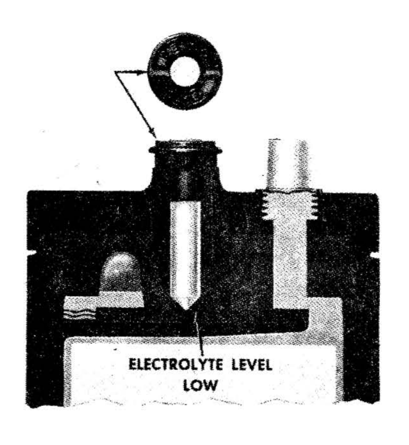
(شكل 30)

غطاء سطح البطارية المؤلفة من خلية واحدة مع أجزائه المكونة.

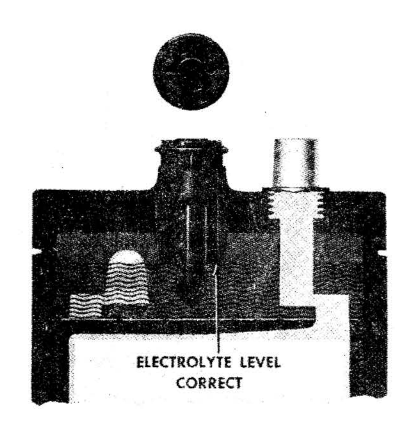
غطاء سطح البطارية:

b ــ مع ثقب تهوية في الغطاء a ــ بدون ذلك.

1 ــ فتحتا القطبين 2 ــ فتحة الملء 3 ــ غطاء فتحة الملء 4 ــ جوان مطاطي 5 ــ قرص مطاطي 6 ــ مقطع عرضي في غطاء فتحة الملء 7 ــ فتحة الملء 8 ــ ثقب التهوية 9 ــ فتحتا القطبين 10 ــ غطاء فتحة الملء 11 ــ جوان مطاطي أسطواني للاحكام 12 ــ جوان مطاطي حلقي 13 ــ مقطع عرضي في غطاء فتحة الملء.



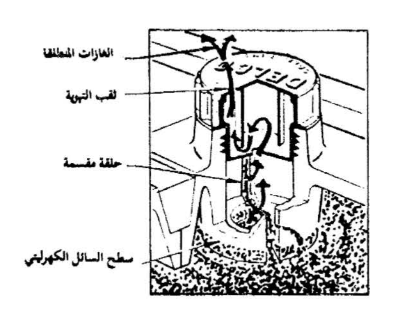
مستوى السائل منخفض



مستوى السائل صحيح

(شكل 31)

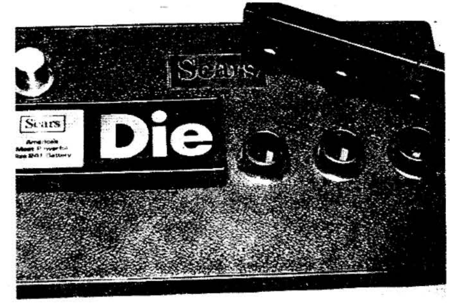
مقطع عرضي في دالّة مستوى السائل الكهرليتي ــ حيث يكون مظهر الدائرة غامقاً في حالة كون مستوى السائل نظامي ــ المنظر اليميني. ويكون فاتحاً عند نقص مستوى السائل ــ المنظر اليساري



(شكل 32)

فتحة تهوية في بطارية مجهزة بحيث تدل على مستوى السائل بواسطة
حلقة مقسمة متصلة بالسائل الكهرليتي (حلقة البيان)





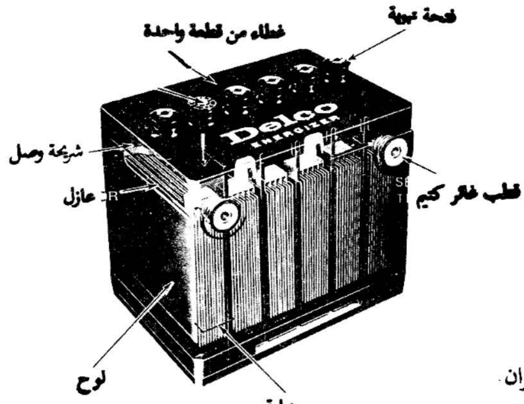
2

(شكل 2—33)

غطاء سطح وحيد مع مقطع في البطارية

(شكل 1—33)

أغطية فتحات الملء من النوع الجماعي الكبس.



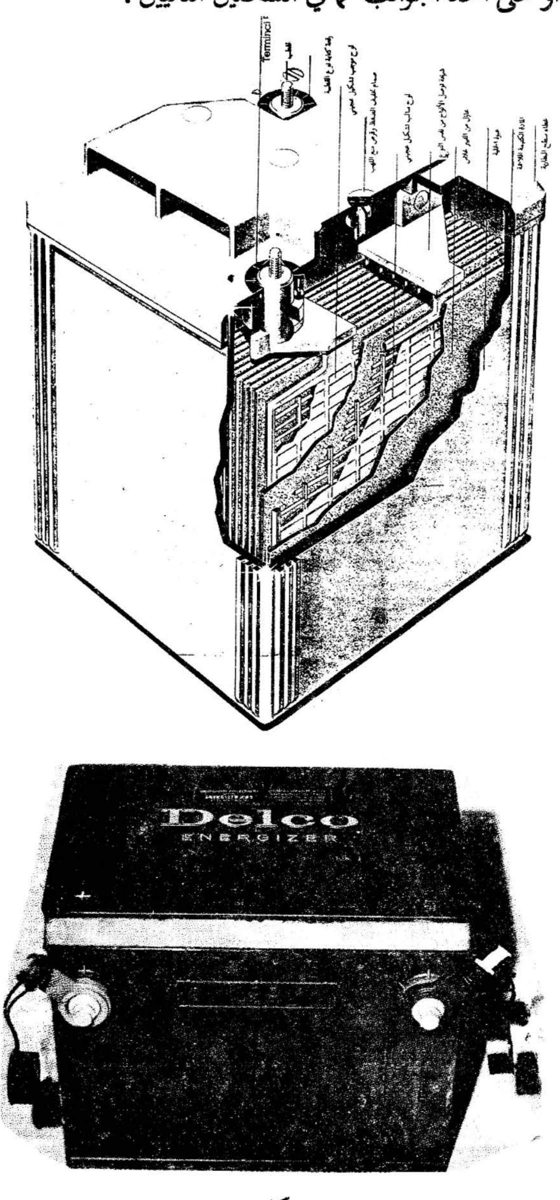
(شكل 3—33)

غطاء سطح وحيد، عبوة شفافة، القطبين جانبيان غائران.

(شكل 33)

صور لبطاريات ذات غطاء سطح وحيد لكل الخلايا المحتواة

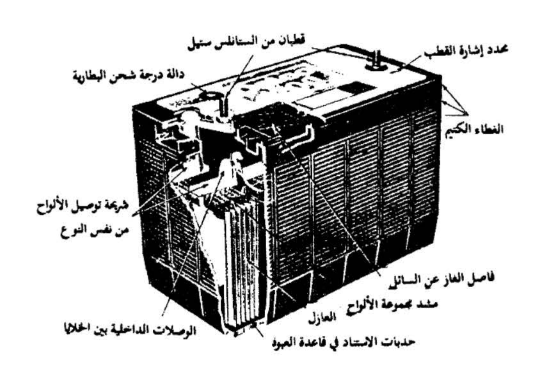
أما في البطاريات الحديثة الكتيمة والتي لا تحتاج إلى صيانة (بما في ذلك إضافة الماء المقطر) Free Maintenance ، فإن غطاء سطح البطارية لا يحوي سوى فتحتي القطبين ، سواءً أكان هذان القطبان على السطح أو على أحد الجوانب كما في الشكلين التاليين :

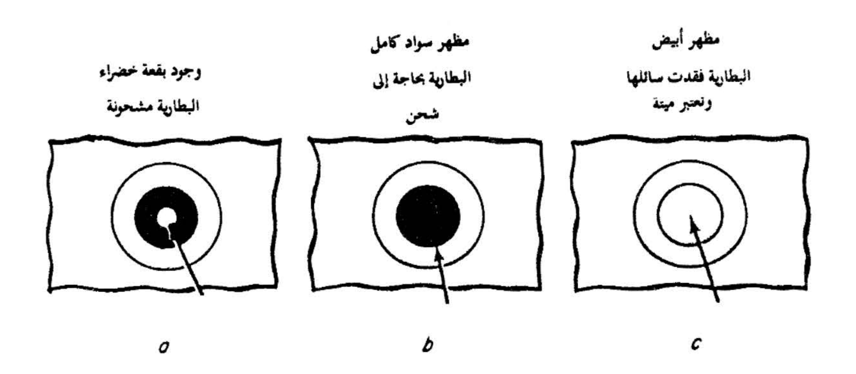


(شكل 34)

نموذجان لبطاريتين كتيمتين رصاصيتين حمضيتين لا تحتاجان إلى صيانة

وتزود مثل هذه البطاريات بكاشف لدرجة شحن البطارية (عين سحرية، الاسم المتعارف عليه في السوق)، عن طريق الدلالة على درجة كثافة السائل الكهرليتي الحمضي، حيث يحوي هذا الكاشف على كرة خضراء صغيرة تحت عمود يمتد إلى الأسفل، بحيث ينغمس في السائل الكهرليتي، فإذا كانت الكثافة في الحدود 1230 إلى 1250كغ/م^3؛ فإنه يمكن رؤية هذه الكرة الخضراء، لأنها تطفو في درجة كثافة الحمض هذه، بينما إذا كان السواد هو المرئي فهذا يعني أن الكرة غير طافية وأن البطارية بحاجة إلى شحن، أما عندما يدل المنظر على اللون الفاتح للعمود، فهذا يعني أن البطارية مفـرّغة تماماً، وقد يكون فيها عطل كبير يخرجها عن الخدمة.





(شكل 35)

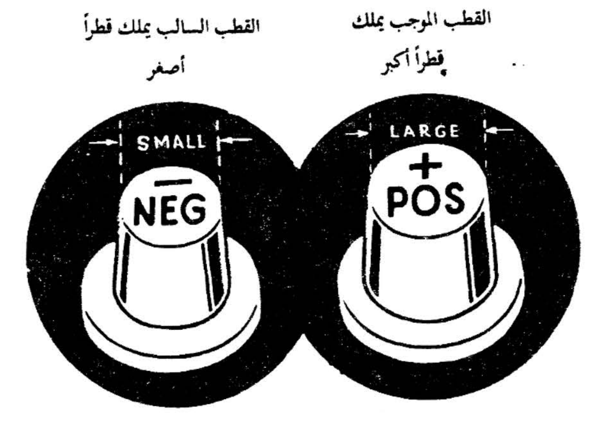
بطارية كتيمة لا تحتاج إلى صيانة مع عين (سحرية) توضح درجة الشحن في البطارية

كما **يمكن أن** يستخدم أنواع معينة من الحبيبات الملونة والتي تتغير ألوانها حسب درجة كثافة **الحمض، وتتحرك** ضمن حيّز ظاهر من البطارية متصل بالسائل الكهرليتي.

أو يعتبر عدد الكرات أو الحبيبات الراسبة في السائل الكهرليتي الحمضي، دليلاً على درجة شحن البطارية الرصاصية الحمضية، بحيث إذا لم يكن أي منها راسباً، تكون البطارية مشحونة بشكل جيد.

1 ــ 6 ــ أقطاب البطارية

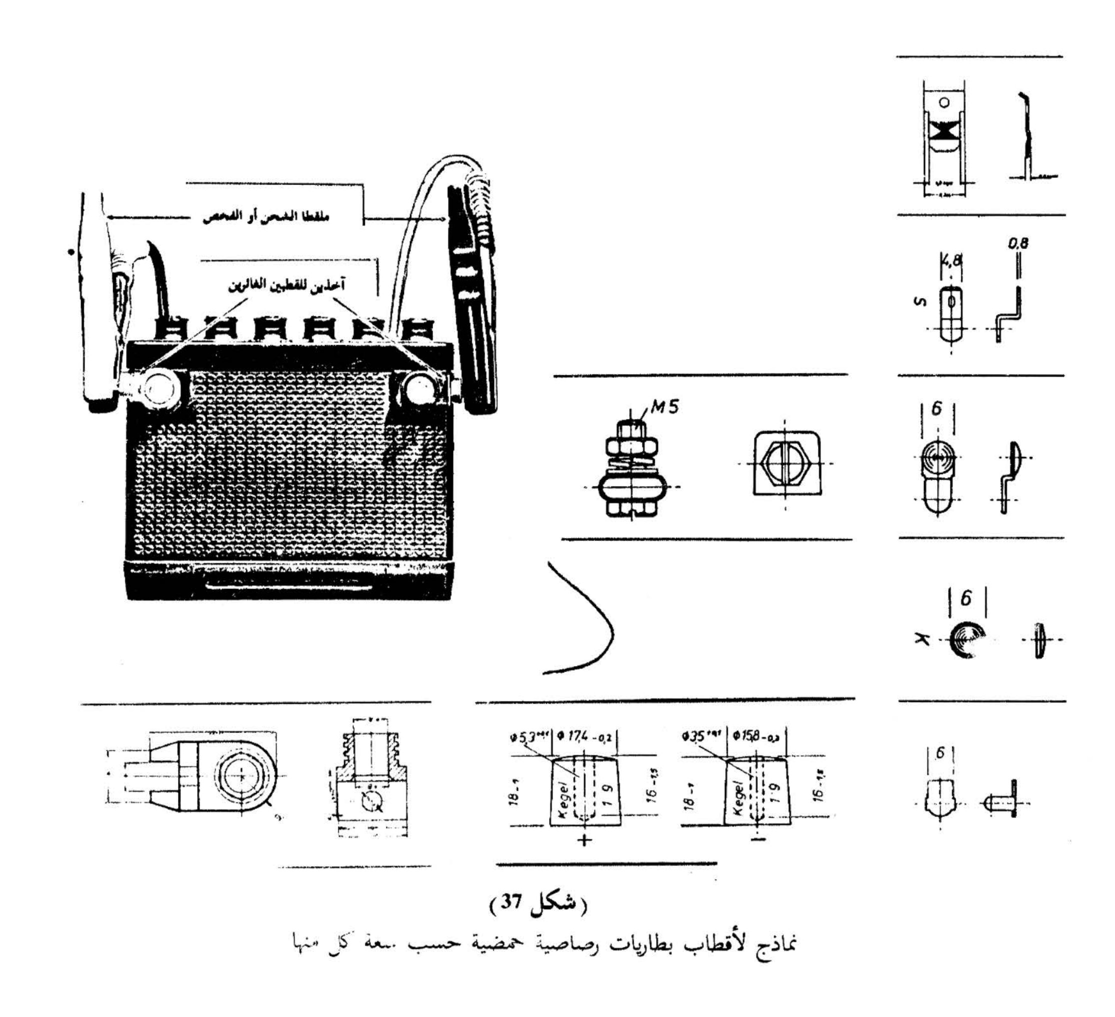
لكل خلية قطبان يتصل كل قطب منهما مع الألواح التي تحمل نفس إشارته، عن طريق وصلات عبارة عن مقاطع عريضة من الرصاص ويجري تشكيل القطب الشائع العادي بواسطة سكب الرصاص المصهور ضمن قالب معين بحيث يكون القطب الموجب أكبر من القطب السالب، ويكون القطبان على السطح العلوي للبطارية في معظم البطاريات. لكن يوجد بطاريات قطباها على أحد السطوح الجانبية للبطارية، وفي هذه الحالة لا يكون القطبان بارزين، بل غائران على الأغلب ويكون مربط قطب البطارية في هذه الحالة على شكل آخر. ويمكن أن تختلف الأقطاب بالشكل والحجم حسب سعة البطارية ومجال عملها والأشكال التالية توضح بعض أشكال أقطاب البطارية الممكنة.



(شكل 36)
قطبا بطارية رصاصية حمضية كلاسيكيان (السالب أصغر من القطب الموجب)

1 ــ 7 ــ التفاعلات الكيميائية داخل البطارية الرصاصية الحمضية

بعد تجميع البطارية الرصاصية الحمضية وإملائها بالسائل الكهرليتي، فإن المواد الفعالة في البطارية المؤلفة من مركبات الرصاص على نوعي الألواح، وحمض الكبريت، تصبح على تماس كيميائي مباشر مع بعضها، وتحدث التفاعلات الكيميائية، التي تؤدي إلى استجرار القدرة



(شكل 37)

نماذج لأقطاب بطاريات رصاصية حمضية حسب سعة كل منها

الكهربائية من البطارية عند ربط حمل ما على قطبيها ، وتسمى هذه الحالة عملية تفريغ البطارية ، بينما تحدث التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى خزن القدرة الكهربائية ، عند ربط منبع توتر مستمر على قطبيها . وتسمى هذه الحالة عملية شحن البطارية . وتفصيل ذلك هو كما يلي :

نتيجة انحلال حمض الكبريت في الماء ، فإنه يتشرد إلى شاردة الهيدروجين H^+ وهي موجبة ، وشاردة الكبريتات وهي سالبة SO_4^{--} ، فإذا كان السائل لوحده ؛ فإن مجموع الشحنات الموجبة المحمولة بالشوارد الموجبة تساوي الشحنات السالبة المحمولة بالشوارد السالبة ، ولذلك يبقى السائل متعادلاً كهربائياً .

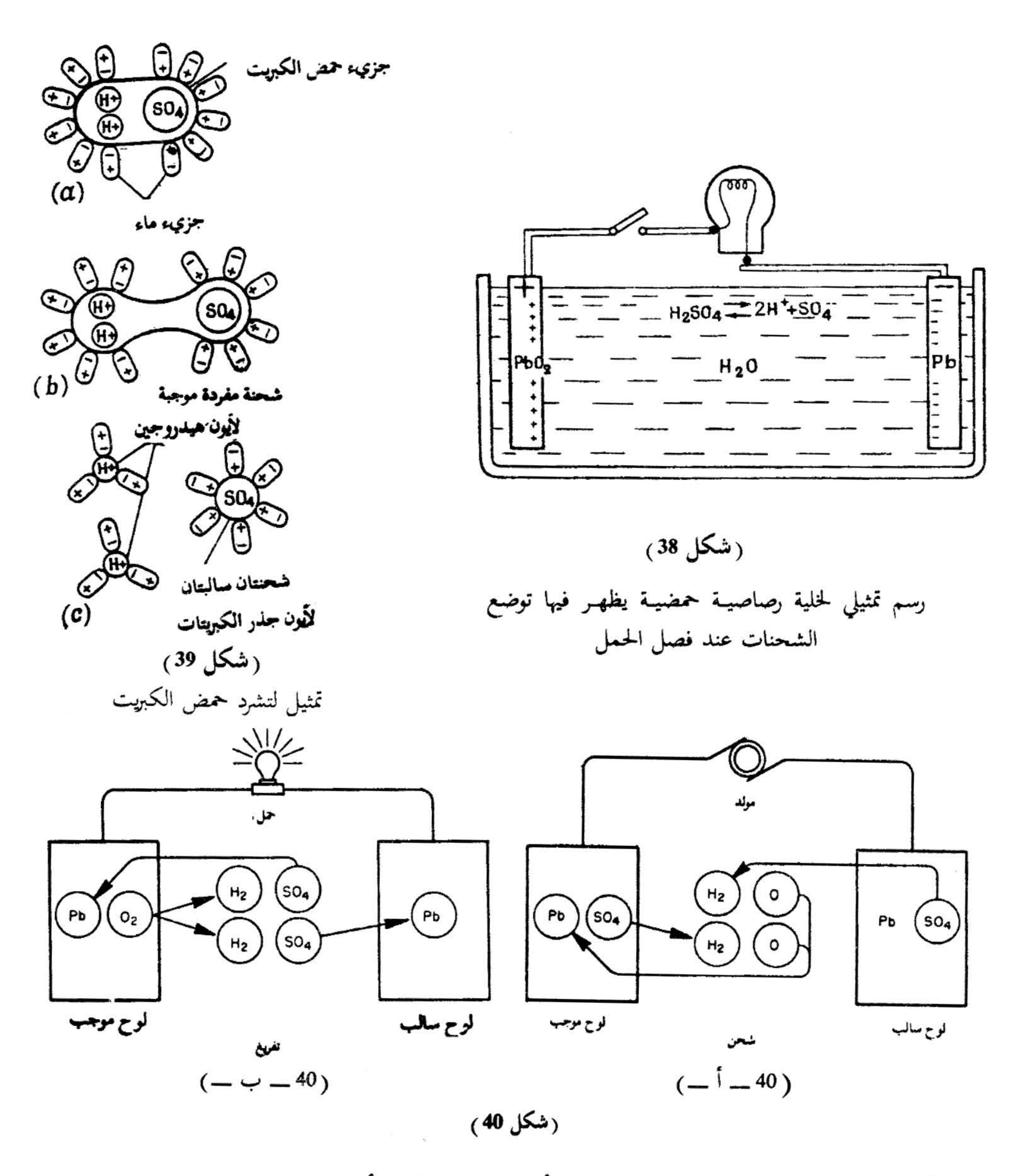
وتشرد الحمض ليس له علاقة بوجود ألواح البطارية ، بل لأن تماسك أو ترابط جزيء الماء أقوى بكثير من ترابط جزيء الحمض ، لذلك فإنه عند احتكاك الجزيئات من كلا السائلين مع بعضهما فإن جزيء الحمض ، هو الذي يتفكك ــ أو يمكن تفسير ذلك بناء على الصفة الهجومية لجزيء الماء على أي جزيء يتواجد قربه ، مما يؤدي إلى تفكيكه ــ ويعبر عن تشرد الحمض بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^+ + SO_4^{--}$$

وكما ذكرنا سابقاً فإن الرصاص الإسفنجي ، هو المادة الفعالة على الألواح السالبة ، بينما ثاني أكسيد الرصاص هو المادة الفعالة على الألواح الموجبة . وعلى هذا الأساس ونتيجة التفاعل بين الحمض والرصاص الإسفنجي على الألواح السالبة ، فإن بعض ذرات الرصاص تتأين ؛ أي تفقد إلكترونين من مدارها الأخير ، وتصبح شاردة موجبة ثنائية الشحنة ، وتنتقل إلى السائل الكهرليتي ، وهذا يعني أن القطب السالب الذي يتصل مع الألواح السالبة ، أصبح مشحوناً سلبياً بشحنة إلكترونين لكل ذرة رصاص متأينة تنتقل إلى السائل الكهرليتي .

وهكذا ونتيجة تجمع حوامل الشحنات السالبة على القطب السالب وحوامل الشحنات الموجبة على القطب الموجب ، فإن القطب السالب يصبح ذا شحنة سالبة والقطب الموجب يصبح ذا شحنة موجبة ، وذلك بالنسبة للسائل الكهرليتي .

وعلى سطح القطب السالب تتواجد قوى تدافع بين الشحنات السالبة ، وعلى سطح القطب الموجب تتواجد ، أيضاً قوى تدافع بين الشحنات الموجبة ، وتبقى هذه القوى موجودة دون أي فعل ،



(شكل 38)

رسم تمثيلي لخلية رصاصية حمضية يظهر فيها توضع الشحنات عند فصل الحمل

(شكل 39)

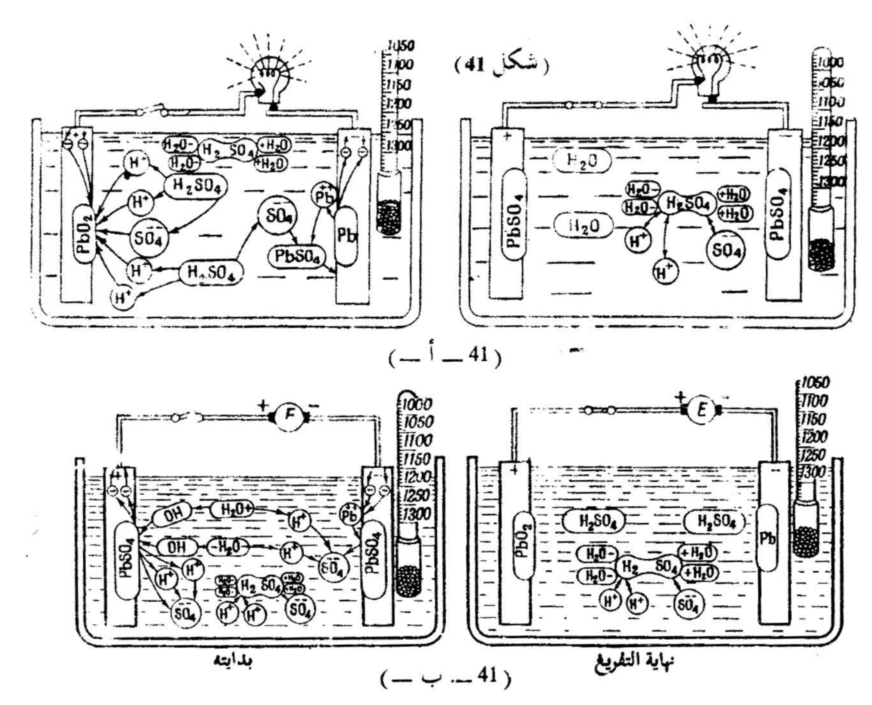
تمثيل لتشرد حمض الكبريت

(40 ـ ب ـ)

(40 ـ أ ـ)

(شكل 40)

إلى أن نصل بين هذين القطبين بناقل كهربائي ما، حمل كهربائي، وهذه العملية تعني وضع البطارية تحت التفريغ discharge، حيث تنطلق إلكترونات من القطب السالب دافعة الإلكترونات الحرة في الناقل الكهربائي ـ الحمل ـ إلى القطب الموجب فالسائل الكهرليتي، وهذا يعني مرور تيار كهربائي ـ وهناك أي في السائل الكهرليتي، تلتقطها أيونات الرصاص الموجبة، وبذلك تنتقل إلكترونات الناقل الكهربائي بالاتجاه من القطب السالب إلى القطب الموجب، وبنفس الكمية تنطلق



(41 — أ —)

(41 — ب —)

الشكل (40 — أ —) و (41 — ب —) تمثيل لما يحصل عند شحن بطارية رصاصية حمضية

الشكل (40 — ب —) و (41 — أ —) تمثيل لما يحصل عند تفريغ بطارية رصاصية حمضية

إلكترونات من القطب السالب إلى الناقل الكهربائي ، ويمكن التعبير عن التفاعلات التي تحدث على الألواح الموجبة في حالة التفريغ بالمعادلة الكيميائية .

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{--} + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

ثاني أكسيد الرصاص	شاردة الهيدروجين	جذر كبريتات	إلكترونين	كبريتات الرصاص	الماء
المادة الفعالة على الألواح الموجبة				تتشكل على الألواح الموجبة	

أما في حالة الألواح السالبة فيمكن التعبير عن التفاعلات الكيميائية فيها عند التفريغ كما يلي :

$$Pb^{++} + SO_4 - 2e^- \longrightarrow PbSO_4$$

شاردة الرصاص	جذر كبريتات	إلكترونين انتقلا	كبريتات الرصاص
(نتيجة فقد إلكترونين)	(ناتج عن تشرد الحمض)	إلى القطب الموجب	التي تتشكل أيضاً
		عبر الحمل الكهربائي	الألواح السالبة

وبجمع هاتين المعادلتين نحصل على

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \xrightarrow{\text{تفريغ}} PbSO_4 + PbSO_4 + 2H_2O$$

PbO_2	Pb	$2H_2SO_4$	$PbSO_4$	$PbSO_4$	$2H_2O$
ثاني أكسيد الرصاص. المادة الفعالة على الألواح الموجبة	الرصاص المادة الفعالة على الألواح السالبة	**حمض الكبريت في السائل الكهرليتي**	**كبريتات الرصاص على الألواح الموجبة**	كبريتات الرصاص على الألواح السالبة	الماء في السائل الكهرليتي

أي أن كل جزيئين من حمض الكبريت وجزيء من ثاني أكسيد الرصاص، وذرة من الرصاص تعطي في حالة التفريغ جزيء كبريتات الرصاص على كل من نوعي ألواح البطارية السالبة والموجبة، وجزيئي ماء..

إن المواد المتشكلة عن عملية التفريغ (كبريتات الرصاص، والماء) تملك مستوى طاقة أضعف من ذلك الذي تملكه المواد الداخلة في تفاعلات عملية التفريغ، لذلك يصاحب تشكل هذه المواد (الناتجة عن عملية التفريغ)، تحرير أو إطلاق طاقة على شكل كهربائي. أما عند عملية شحن البطارية، وعلى عكس عملية التفريغ؛ فإن كبريتات الرصاص والماء المتشكلين عنها، يتحولان إلى ثاني أكسيد الرصاص، والرصاص الإسفنجي، وحمض الكبريت؛ أي نفس المواد التي دخلت أصلاً في التفاعل، ولأنها تملك مستوى طاقة أكبر أو أعلى، لذلك يتوجب صرف قدرة للحصول على هذا التفاعل، نستمدها من منبع توتر مستمر (الشاحن)، وعند تطبيق هذا المنبع على البطارية (القطب الموجب مع الطرف الموجب والقطب السالب مع الطرف السالب للمنبع). يكون اتجاه التيار خارج البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب، وهذا يعني زيادة الإلكترونات على القطب السالب للبطارية، ونقصها على الموجب، وهذا النقص يدفع القطب الموجب لجذب إلكترونات من الألواح الموجبة، وبذلك تتعرض كبريتات الرصاص إلى التأكسد متحولة إلى ثاني أكسيد الرصاص، حسب المعادلة الكيميائية التالية:

$$PbSO_4 + 2H_2O - 2e^- \xrightarrow{\text{شحن}} 4H^+ + PbO_2 + SO_4^{--}$$

$PbSO_4$	$2H_2O$	$2e^-$	$4H^+$	PbO_2	SO_4^{--}
كبريتات الرصاص على الألواح الموجبة نتيجة التفريغ	الماء في السائل الكهرليتي نتيجة التفريغ	إلكترونان يؤخذان من الألواح الموجبة نتيجة تطبيق منبع التوتر المستمر	جذر الهيدروجين (في حمض الكبريت) في السائل الكهرليتي	ثاني أكسيد الرصاص على الألواح الموجبة	جذر الكبريتات (لحمض الكبريت) (في السائل الكهرليتي)

وما يحدث على الألواح السالبة نتيجة ورود إلكترونات إليها من المنبع أو الشاحن، يمكن التعبير عنه في المعادلة الكيميائية التالية:

$$PbSO_4 + 2e^- \xrightarrow{\text{شحن}} Pb + SO_4^{--}$$

كبريتات الرصاص على الألواح السالبة نتيجة التفريغ	ورود إلكترونات من الشاحن	الرصاص الإسفنجي على الألواح السالبة	جذر الكبريتات في السائل الكهرليتي

ومن هاتين المعادلتين نستنتج أن جزيئات كبريتات الرصاص، المتشكلة على الألواح السالبة عند التفريغ تتحول عند الشحن إلى الرصاص الإسفنجي، الذي يأخذ مكانه على الألواح السالبة، وشاردة الكبريتات، التي تعود إلى السائل الكهرليتي، أما كبريتات الرصاص المتشكلة عند التفريغ على الألواح الموجبة؛ فإنها تتحول عند الشحن إلى ثاني أكسيد الرصاص، الذي يأخذ مكانه على الألواح الموجبة، أما جذرا حمضي الكبريت فيعودان إلى السائل الكهرليتي، ويستمر التفاعل الناتج عن عملية الشحن حتى تعود كثافة الحمض إلى قيمتها الأساسية، وحتى تتفكك كل جزيئات كبريتات الرصاص، التي ما زالت على شكل بلورات صغيرة إلى مكوناتها من كلا نوعي الألواح. وبتحصيل التفاعلات أثناء الشحن على نوعي الألواح يمكننا أن نكتب:

$$PbSO_4 + PbSO_4 + 4H_2O \xrightarrow{\text{شحن}} PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$$

كبريتات الرصاص على الألواح الموجبة نتيجة التفريغ	كبريتات الرصاص على الألواح السالبة نتيجة التفريغ	الماء في السائل الكهرليتي نتيجة التفريغ	ثاني أكسيد الرصاص على الألواح الموجبة	الرصاص الإسفنجي على الألواح السالبة	حمض الكبريت في السائل الكهرليتي

وبتحصيل المعادلتين المعبرتين عن التفاعلات الكيميائية على نوع الألواح عند عمليتي الشحن والتفريغ نجد:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{تفريغ}}{\overset{\text{شحن}}{\rightleftarrows}} PbSO_4 + PbSO_4 + 2H_2O$$

ويمكن بالاستناد إلى ما سبق أن نستنتج النقاط الهامة التالية:

1ً ـــ خلال عملية الشحن تنخفض نسبة الماء أو ترتفع كثافة السائل الحمضي، بحيث تصل درجة كثافة السائل الكهرليتي (أو نسبة حمض الكبريت إلى الماء المقطر) إلى نفس قيمتها قبل بدء التفريغ في البطارية، ووصولها إلى هذه القيمة هو علامة مميزة هامة، تدل على أن الشحن أصبح كاملاً.

2ً ـــ عند انتهاء تحول المواد الفعالة، المتشكلة عند التفريغ إلى المواد الأصل بعد عملية

الشحن ؛ فإن توتر قطبي البطارية يبقى ثابتاً بعد ذلك ، وهذا أيضاً علامة مميزة أخرى تدل على انتهاء عملية الشحن . بمعنى أن توتر قطبي البطارية يستمر بالتزايد إلى أن يصل إلى تلك النقطة ، ولا يزداد بعدها .

3ً ـــ إذا استمر الشحن بعد ذلك ، فسينطلق من البطارية غازات وفقاعات بشكل كبير نسبياً ـــ وكأن السائل يغلي ـــ وهذا دليل آخر على وصول البطارية إلى 80 ÷ 90٪ من شحنها الكامل . وهذا ليس مزيداً من الشحن ، بل هو تحليل لجزيئات الماء الموجودة في السائل الكهرليتي . واستمرار ذلك لفترة طويلة يؤدي إلى نقص مستوى السائل الكهرليتي وأمور أخرى سنراها فيما بعد .

4ً ـــ على عكس ما يحدث عند الشحن ، نلاحظ أن نسبة الماء في السائل الكهرليتي عند التفريغ تزداد ، بينما تنقص كثافة السائل الكهرليتي ، نتيجة لنقص كمية الحمض فيه ـــ جذرا الحمض يدخلان في تشكيل كبريتات الرصاص والماء وهما المادتان المتشكلتان عن عملية التفريغ ـــ .

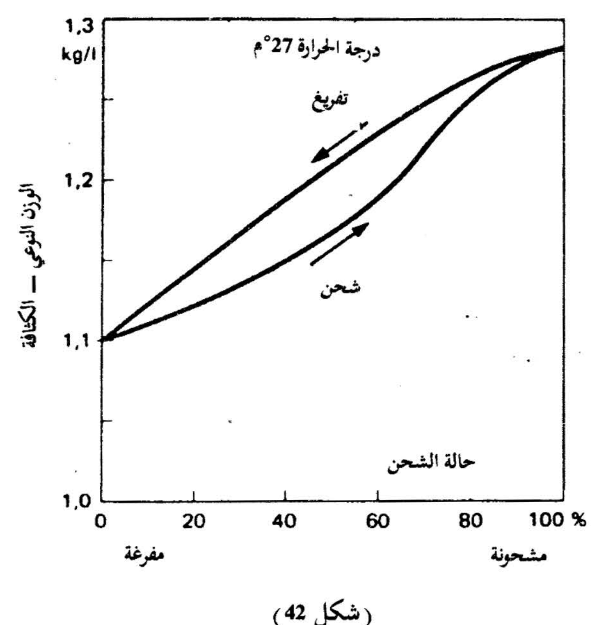
5ً ـــ تتشكل مادة كبريتات الرصاص على كلا نوعي الألواح ، عند تفريغ البطارية ، ومن ثم تتفكك هذه الكبريتات إلى مكوناتها الأصلية عند الشحن ، وتمتاز مادة كبريتات الرصاص بكونها مادة ارتدادية ـــ أي لديها ميل للتفكك إلى العناصر المشكلة لها ـــ وتكون في الحالة العادية السليمة على شكل بلورات صغيرة .

6ً ـــ إن سبب إعطاء الطاقة الكهربائية في البطارية عند التفريغ ، هو أن المواد الناتجة عن التفاعلات في حالة التفريغ تملك مستوى طاقة أقل من تلك التي أنتجتها ، ولذلك يصاحب هذا التحول ، انتشار قدرة نأخذها على شكل كهربائي ، وبالمثل نحتاج إلى طاقة من خارج البطارية ، من أجل التحول المعاكس ، ويقوم بذلك منبع التوتر المستمر ـــ الشاحن ـــ الذي يعطينا الطاقة اللازمة ، التي تصرف لدفع التفاعلات خلال عملية شحن البطارية وإعادة المواد الفعالة الأصلية إلى شكلها وبالتالي مستوى الطاقة الذي تملكه .

ويمكن تصور حالة الذرة وإلكترونات مداراتها كمثال للتوضيح ـــ حيث إنه لنقل إلكترون من مدار بعيد إلى مدار أقرب (بالنسبة للنواة) ، يلزمنا طاقة خارجية ، بينما تنتشر طاقة من نفس الذرة ، نتيجة انتقال إلكترون من مدار أقرب (مستوى طاقة أعلى) إلى مدار أبعد (مستوى طاقة أخفض) . .

ملاحظة هامة: تعتبر درجة كثافة السائل الكهرليتي في البطارية الرصاصية الحمضية، دليلاً واضحاً على درجة شحن البطارية، كما يوضح الشكل التالي. لأن قيمة كثافة السائل الكهرليتي تتغير تبعاً لدرجة شحن البطارية.

أما في البطارية القلوية؛ فإنه لا علاقة ــ عملياً ــ لدرجة كثافة السائل الكهرليتي بدرجة شحن البطارية، والسائل الكهرليتي في تلك البطاريات عبارة عن وسط ناقل كهربائي تنتقل ضمنه الأيونات المشحونة.



(شكل 42)
منحني كثافة حمض الكبريت عند شحن بطارية رصاصية حمضية وتفريغها، حيث ترتفع عند الشحن وتنخفض عند التفريغ

1 ــ 8 ــ تحضير البطارية الحمضية الرصاصية للشحن

سنتناول هنا التحضيرات اللازمة لشحن مثل هذه البطارية، ثم نخصص فقرات خاصة كشحن البطاريات عموماً، بعد تناول تفصيلي لأنواع البطاريات الحمضية الرصاصية الجافة والبطاريات القلوية، نظراً لأن عمليات الشحن واحدة تقريباً.

تحضير السائل الكهرليتي ــ السائل الحمضي ــ من أجل البطارية الرصاصية الحمضية: كما ذكرنا سابقاً يجب أن يكون حمض الكبريت نقياً، وليس تجارياً، وذلك لضمان استيفائه للمواصفات النظامية. وكذلك بالنسبة للماء المقطر.

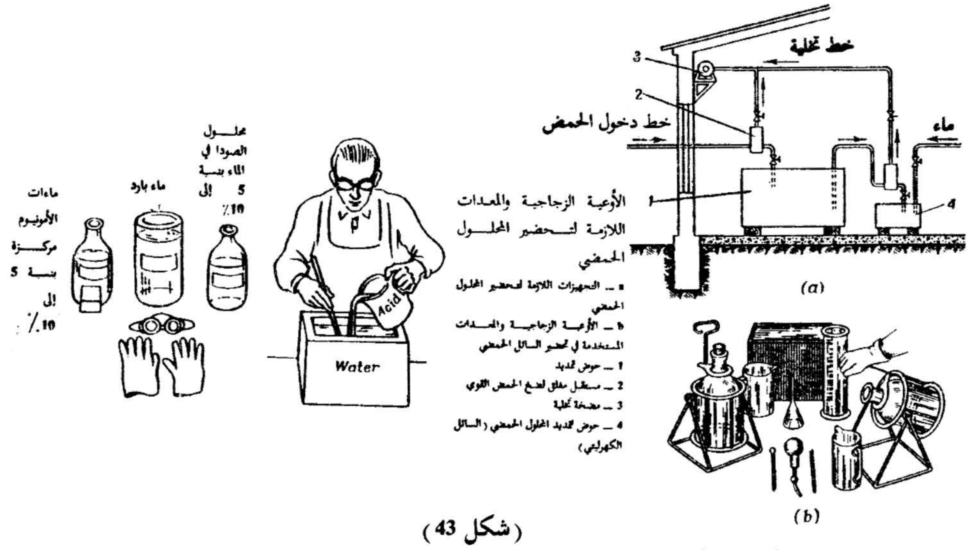
ودائماً من أجل الحصول على كثافة سائل حمضي معينة، يضاف الحمض إلى الماء وليس **العكس**، تجنباً لنتائج شراهة الحمض المركز إلى الماء، حيث تتصاعد أبخرة الماء والحمض بكثافة في حالة إضافة الماء إلى الحمض.

وترتفع درجة الحرارة بشدة عند عمل مزيج حمض الكبريت والماء المقطر، لذلك يجب أن يتم

هذا التحضير ضمن وعاء بلاستيك سميك أو من البورسلان ، أو الخشب المبطن بالرصاص ، ولا يسمح باستخدام الزجاج لهذا الغرض ، خوفاً من تعرضه للانكسار ، نتيجة ارتفاع درجة الحرارة المفاجئ .

كما يجب تحريك المزيج أثناء التحضير وأثناء صب الحمض إلى الماء ، لأن ذلك يساعد على سرعة التجانس وعدم ارتفاع درجة الحرارة بشكل حاد ، ويجب أن يكون صب الحمض على شكل سيل رفيع وليس دفعة واحدة لنفس الأسباب .

ومن الطبيعي أن لا يتم استخدام السائل المحضر إلا بعد أن يبرد ، حيث أن ملء البطارية بالسائل الحمضي ، يرفع درجة الحرارة أيضاً ضمن البطارية بالرغم من عدم إجراء أي عملية شحن بعد .



(شكل 43)

بعض الأجهزة والأدوات المستخدمة في تحضير محلول حمض الكبريت لبطارية رصاصية حمضية

ويجب أخذ إجراءات السلامة كاملة بعين الاعتبار عند التعامل مع الحمض عموماً كالألبسة المطاطية ، والنظارات الخاصة ، وتوفر مواد الإسعافات الأولية . ويتواجد الحمض بدرجة كثافة تصل إلى 1830 ــ 1840 كغ / م^3 . ولا ينصح بالتعامل مباشرة مع هذه الكثافة ، بل يجري تحضير سائل حمضي بكثافة 1400 كغ / م^3 واعتباراً منها ، يجري تحضير السائل الحمضي للبطارية ، بالكثافة المطلوبة ، وبذلك يكون زمن تبريد المزيج أقل ، ونتائج الإصابة بحروق الحمض ــ إذا حدثت ــ أقلّ أيضاً .

كمية حمض الكبريت		كمية الماء المقطر باللیتر أو الـ كغ	كثافة حمض الكبريت عند 15°م بال (كغ/م^3)
بالـ كغ	باللیتر		
0.738	0.401	0.662	1840
0.760	0.416	0.640	1830
0.780	0.429	0.620	1820
0.796	0.440	0.604	1810
0.810	0.450	0.590	1800
0.940	0.561	0.560	1680
0.942	0.565	0.458	1670
0.955	0.575	0.445	1660
0.962	0.584	0.438	1650
0.975	0.595	0.425	1640

(شكل 44)

كميات حمض الكبريت والماء المقطر اللازمة لتحضير ليتر واحد من محلول حمضي كثافته 1400كغ/م^3 عند درجة الحرارة 15°م. انطلاقاً من محلول حمضي ذي كثافات أعلى

كمية حمض الكبريت ذو كثافة 1400كغ/م^3		كمية الماء المقطر كغ أو ليتر	كثافة المحلول المطلوبة عند 15م° بالـ كغ/م^3
بالـ كغ	باللليتر		
0.315	0.225	0.785	1100
0.349	0.249	0.761	1110
0.381	0.272	0.739	1120
0.654	0.467	0.546	1200
0.760	0.543	0.470	1230
0.795	0.568	0.445	1240
0.832	0.596	0.418	1250
0.868	0.620	0.392	1260
0.906	0.647	0.364	1270
0.941	0.672	0.339	1280
0.977	0.698	0.313	1290
1.016	0.726	0.284	1300
1.054	0.753	0.256	1310
1.093	0.781	0.227	1320
1.131	0.808	0.199	1330
1.169	0.835	0.171	1340

كمية حمض الكبريت ذي الكثافة **1400**كغ/م^3 **عند الدرجة 15م° وكمية الماء المقطر اللازمتان لتحضير ليتر واحد من محلول** حمض ذي كثافة معينة.

(**شكل 45**)

بعض الجداول المفيدة في تحضير محلول حمض الكبريت للبطاريات الرصاصة الحمضية

الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ	الكثافة كغ/م^3	الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ	الكثافة كغ/م^3	الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ	الكثافة كغ/م^3
0.643	1370	0.337	1205	0.062	1040
0.653	1375	0.346	1210	0.071	1045
0.662	1380	0.355	1215	0.077	1050
0.672	1385	0.364	1220	0.085	1055
0.682	1390	0.373	1225	0.093	1060
0.692	1395	0.382	1230	0.102	1065
0.702	1400	0.391	1235	0.109	1070
0.711	1405	0.400	1240	0.117	1075
0.721	1410	0.409	1245	0.125	1080
0.738	1420	0.418	1250	0.133	1085
0.758	1430	0.426	1255	0.142	1090
0.778	1440	0.435	1260	0.150	1095
0.796	1450	0.444	1265	0.158	1100
0.816	1460	0.454	1270	0.166	1105
0.836	1470	0.462	1275	0.175	1110
0.855	1480	0.472	1280	0.183	1115
0.875	1490	0.481	1285	0.191	1120
0.895	1500	0.490	1290	0.199	1125
0.915	1510	0.500	1295	0.207	1130
0.935	1520	0.510	1300	0.215	1135
0.955	1530	0.519	1305	0.223	1140

كمية حمض الكبريت في المحلول الحمضي عند كثافات مختلفة.

الكثافة كغ/م³	الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ	الكثافة كغ/م³	الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ	الكثافة كغ/م³	الحمض النقي لكل ليتر من المحلول الحمضي بالكغ
1145	0.231	1310	0.529	1540	0.975
1150	0.239	1315	0.538	1550	0.995
1155	0.248	1320	0.548	1560	1.015
1160	0.257	1325	[illegible]	[illegible]	1.036
1165	0.266	1330	0.567	1580	1.055
1170	0.275	1335	0.577	1590	1.076
1175	0.283	1340	0.586	1600	1.098
1180	0.292	1345	0.596	1610	1.117
1185	0.301	1350	0.605	1620	1.139
1190	0.310	1355	0.614	1630	1.160
1195	0.319	1360	0.624	1640	1.181
1200	0.328	1365	0.633	1650	1.203
1660	1.223	1730	0.389	1800	1.560
1670	1.244	1740	1.402	1810	1.595
1680	1.264	1750	1.426	1820	1.638
1690	1.288	1760	1.450	1830	1.690
1700	1.311	1770	1.477	1840	1.750
[illegible]	1.334	1780	1.502		
1720	1.357	1790	1.532		

كمية الماء مقدرة بالليتر أو الكغ	كمية حمض الكبريت بكثافة 1,830 كغ/م³		كثافة المحلول الحمضي عند درجة حرارة 15°م مقدرة بالكغ/م³
	بالـ كغ	بالليتر	
0.836	0.374	0.204	1210
0.826	0.394	0.215	1220
0.814	0.416	0.227	1230
0.808	0.432	0.237	1240
0.798	0.452	0.248	1250
0.793	0.462	0.253	1255
0.780	0.490	0.268	1270
0.768	0.512	0.280	1280
0.748	0.542	0.302	1300
0.738	0.572	0.313	1310
0.704	0.636	0.347	1340

كميات حمض الكبريت ذو الكثافة 1830 كغ/سم³ وكميات الماء المقطر اللازمتين لتحضير محلول محدد الكثافة.

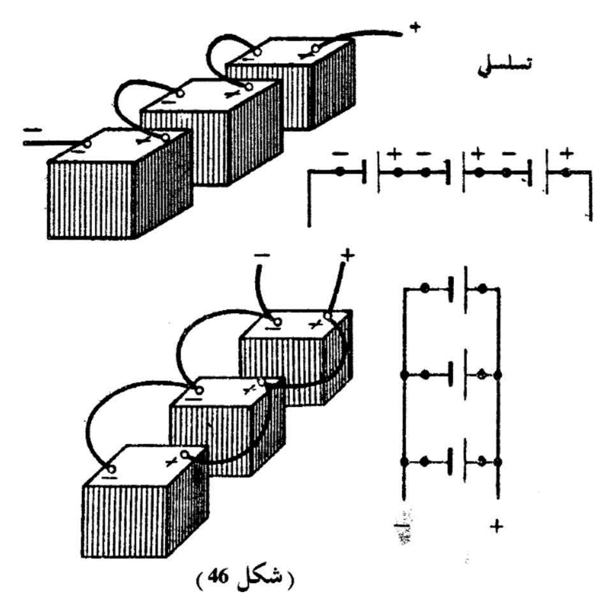
ويجب الملاحظة أنه عند إضافة حجم من حمض الكبريت إلى حجم من الماء المقطر؛ فإننا لا نحصل على مجموع الحجمين، بل أقل من ذلك بقليل. فمثلاً عند إضافة 13.24 ليتراً من الماء إلى 8,02 ليتراً من الحمض، نحصل فعلياً على حجم فعلي مقداره، عشرون ليتراً فقط، بينما نحصل بالجمع الحسابي على حجم مقداره 21,26 ليتراً وذلك للحصول على حمض ذي كثافة 1400كغ/م³، انطلاقاً من حمض مركز كثافته 1840كغ/م³ عند درجة حرارة 15°م. أما الوزن فهو متطابق، سواءٌ بالناتج الفعلي أم الناتج الحسابي النظري. والجدول التالي يعطي فكرة عن النقص بالحجم لمزيج حمض الكبريت والماء المقطر.

النقص في الحجم	كثافة المحلول الحمضي	النقص في الحجم	كثافة المحلول الحمضي
سم³/كغ	كغ/م³	سم³/كغ	كغ/م³
60	1500	25	1100
62	1600	42	1200
60	1700	51	1300
48	1800	57	1400

★ **هذا التقلص في الحجم يُعبر عنه بالسم³ لكل 1كغ من المحلول**

جدول يبين النقص الحجمي ($\frac{Cm^3}{Kg}$) لمزيج الماء المقطر وحمض الكبريت.

ويجب الأخذ بعين الاعتبار أن القيم الموجودة في الجداول محسوبة عند درجة حرارة 15°م، لذلك وفي حالة العمل عند درجات حرارة مختلفة يجب تعديل الكثافة بمقدار 10كغ/م^3 لكل 15 درجة فهرنهايت أو 5,5°م، زيادة أو نقصاناً عن درجة الحرارة 15°م، لتلافي تأثير تغير الكثافة نتيجة تغير درجة الحرارة. إذاً بعد تجهيز السائل الكهرليتي بدرجة الكثافة المطلوبة التي تتراوح بين 1240كغ/م^3 صيفاً و 1270كغ/م^3 شتاءً بالنسبة لمنطقتنا، وتركه ليبرد، نملأ به البطارية إلى المستوى النظامي (أخفض من أسفل فتحة الإملاء بـ 15مم، أو حسب العلامات الموضحة للمستوى الأعلى والأدنى). وترتفع درجة حرارة البطارية، وبعد أن تبرد نجد بالقياس أن كثافة السائل الحمضي ضمنها قد انخفضت إلى حوالي 1155كغ/م^3، وأنه قد نشأ فرق كمون أو توتر على قطبي البطارية بمعدل 1,8 فولت تقريباً لكل خلية. بالرغم من عدم وضع البطارية تحت الشحن بعد. ويمكن إجراء عملية الشحن لعدة بطاريات على التسلسل والتفرع، حسب إمكانية الشاحن من حيث تقديم التوتر والتيار.



(شكل 46)

الوصل التسلسلي والتفرعي للبطاريات

1 ــ 9 ــ استثمار وتشغيل وصيانة البطارية الرصاصية الحمضية

يجب بشكل عام الانتباه إلى ما يلي:

أ ــ المحافظة على مستوى السائل في البطارية بحيث يكون فوق الألواح وقريباً من إشارة المستوى الأعظمي. وتزود البطاريات الحديثة غير الشفافة بفتحات ملء مجهزة بموانع

الملء الزائد في السائل الكهرليتي أو بكاشف لحاجة البطارية لإضافة الماء المقطر عند نقصان المستوى، أو بكاشف لدرجة شحن البطارية (عين سحرية) .



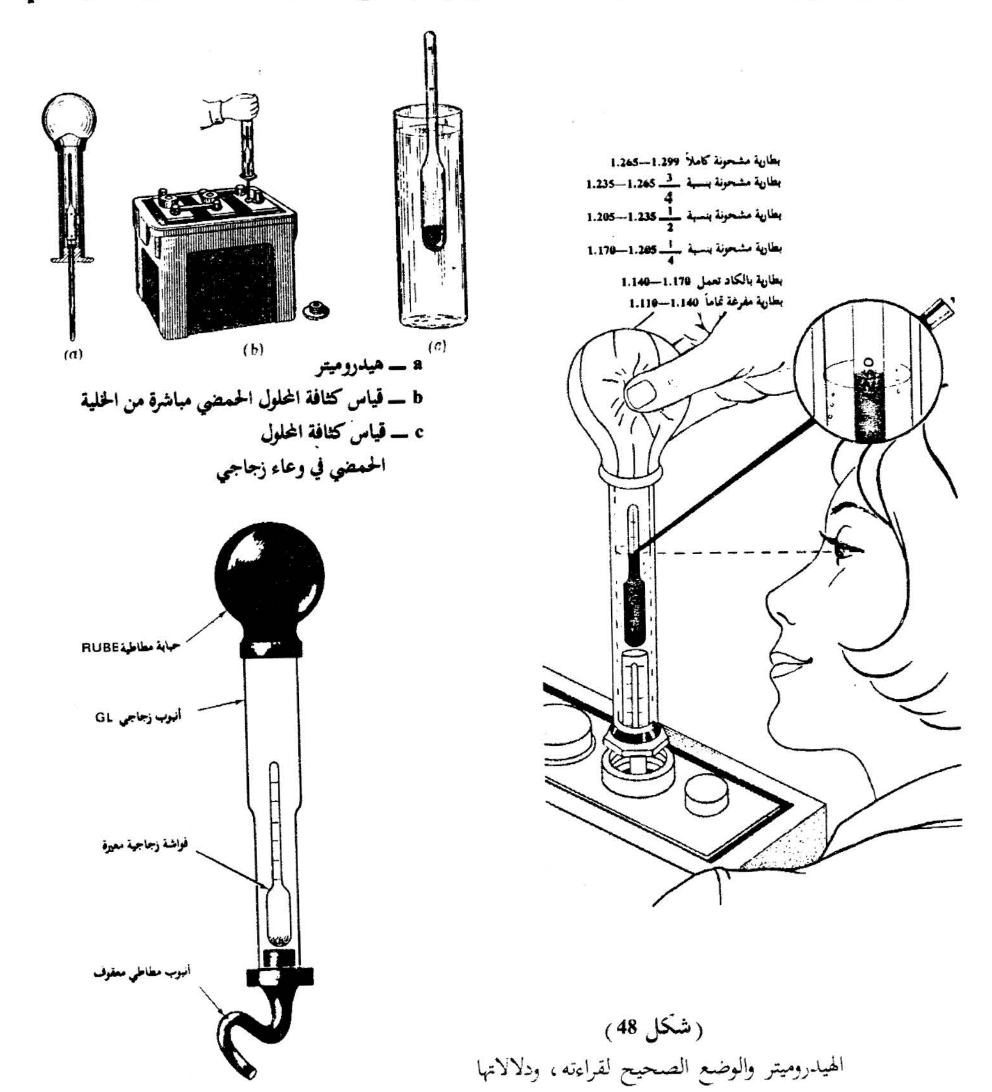
(شكل 47)

طرق وأدوات كشف مستوى السائل وتصحيحه في بطارية

2 — اختبار كثافة السائل الكهرليتي بانتظام — ولا يسمح بإضافة حمض إلى البطارية إذا كانت الكثافة منخفضة، إلا إذا كان سبب نقص نسبة الحمض في السائل، ناتجاً عن انسياب جزء من سائل البطارية، أو إذا جرى التأكد من أن التحضير الأساسي لكثافة السائل كان بنسبة منخفضة. وعندها فقط يضاف سائل حمضي ذو كثافة أعلى بقليل، لتعديل كثافة السائل، وذلك بعد أن توضع البطارية تحت الشحن وتظهر علائم

انتهاء الشحن وبعد ذلك نجري تعديل درجة الكثافة، لأن كثافة الحمض تتعلق بشكل مباشر وطردي مع درجة شحن البطارية الرصاصية والحمضية. ويمكن قياس درجة كثافة البطارية بعدة طرق:

ـــ بواسطة الهيدروميتر وهو عبارة عن أنبوب زجاجي مفتوح، يتصل بأنبوب مطاطي رفيع من أحد جانبيه، ومن الجانب الآخر موصول بحبابة مطاطية. ويحوي داخله أنبوبة زجاجية مغلقة ومدرجة وفيها كتلة معينة معيرة، بحيث تطفو في السائل، الذي نملأ به الأنبوب الزجاجي



a ـــ هيدروميتر
b ـــ قياس كثافة المحلول الحمضي مباشرة من الخلية
c ـــ قياس كثافة المحلول الحمضي في وعاء زجاجي

(شكل 48)
الهيدروميتر والوضع الصحيح لقراءته، ودلالاتها

الكبير دالة على درجة كثافته. وتتضّح طريقة العمل بالهيدروميتر من الأشكال المرافقة، حيث تضغط الحبابة خارج الخلية، ثم تدخل إلى فتحة ماء الخلية، حيث يملأ الهيدروميتر بالسائل، بحيث تكون الحبابة المدرجة محمولة في السائل بشكل حر (دون استناد من الأسفل أو الأعلى). ونقرأ التدريجة المقابلة لمستوى السائل ضمن الهيدروميتر. كما في الشكل أعلاه.

وبالنسبة لمنطقتنا تكون البطارية مشحونة بشكل كامل إذا كانت قيمة كثافة السائل 1250 كغ / م^3 بشكل وسطي، أو 1240 كغ / م^3 صيفاً و 1270 كغ / م^3 شتاءً.

ــ بواسطة مقياس الانكسار الضوئي، حيث ينكسر الضوء عند مروره بقطرة من السائل الكهرليتي للبطارية، وتتم الطريقة بفصل قضيب الغمس المدرج وإدخاله في فتحة ملء البطارية، بحيث تلتصق به قطيرات من السائل الكهرليتي، ثم يعاد إلى مكانه، ثم ننظر من الفتحة المخصصة للعين بعد توجيه المقياس إلى ضوء أو إلى نافذة مفتوحة في النهار، ويلاحظ الخط أو التدريج بين الإضاءة والظلمة المشاهدة في هذا الجهاز والذي يعين درجة كثافة الحمض، وبالتالي درجة شحن أو تفريغ البطارية.



(شكل 49)

الريفراكتوميتر تنظيفه وطريقة استخدامه في تحديد درجة كثافة المحلول الحمضي

3ً ــ لا يسمح بنزول توتر أي خلية في البطارية عن توتر نهاية التفريغ، المسموح به والذي تختلف قيمته حسب الشركة الصانعة ونوع البطارية، فالبطارية المخصصة لتيارات عالية

لفترات قصيرة يسمح بنزول توترها خلال فترة الإقلاع مثلاً، إلى قيمة أخفض من البطاريات ذات التيار الصغير لفترات مديدة.

4ً ــ يجب أن تبقى البطارية بحالة شحن إلى سعتها الكاملة ولا يجوز تركها بحالة نصف شحن أو نصف تفريغ (خصوصاً البطارية الرصاصية الحمضية السائلة)، وذلك خوفاً من تحول بلورات كبريتات الرصاص الصغيرة القابلة للتفكك إلى مكوناتها عند الشحن، إلى بلورات كبيرة ثابتة وهذا التحول يعني موات جزء من المادة الفعالة، انظر الفقرة 1—7 .

5ً ــ يجب أن يكون شحن البطارية الأول أو إعادة شحن البطارية المستخدمة مراقباً من حيث قيمته واستمراره، إذ إن استمرار حقن البطارية بتيار شحن غير مناسب، رغم وصول البطارية إلى الشحن الكامل له مساوئ عديدة أهمها:

أ ــ أن قدرة الشاحن أو مولد التيار المستمر تستهلك، بعد انتهاء الشحن، في تحليل الماء الموجود في السائل الكهرليتي، وينتج عن هذا التحليل إطلاق غازي الأكسجين عبر الألواح الموجبة، والهيدروجين عبر الألواح السالبة.

ب ــ يشكل هذان الغازان مزيجاً منفجراً، يمكن أن ينثر أجزاء البطارية ومحتوياتها بعيداً، إذا توفرت شروطه (شرارة ناتجة عن الكهرباء الساكنة، أو ارتفاع درجة الحرارة)، لأن نسبة الغازين المنطلقين هي نفسها النسبة الكمية اللازمة لحدوث تفاعل الانفجار (ينتج عنه تشكيل قطرات الماء اعتباراً من هذين الغازين).

ج ــ يؤدي إطلاق غاز الأكسجين ووجوده بوفرة نتيجة زيادة الشحن إلى تأكسد جزئي يتراكم شيئاً فشيئاً في الهيكل الشبكي الرصاصي، وفي الألواح السالبة، وفي العوازل، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة التفريغ الذاتي، نظراً لتشكل بطاريات موضعية صغيرة ضمن البطارية.

6ً ــ يجب اعتماد كثافة حمض مناسبة في السائل الكهرليتي وذلك تبعاً لدرجة حرارة منطقة عمل البطارية، وترتفع درجة الكثافة بشكل يتناسب مع انخفاض درجة الحرارة.

ويجب الانتباه إلى أن زيادة كثافة السائل الكهرليتي الحمضي، تؤدي إلى زيادة توتر البطارية، لكن ذلك أيضاً إذا لم يكن يتوافق مع درجة حرارة المحيط؛ فإنه يؤدي إلى سرعة تآكل ألواح البطارية. ومن ناحية أخرى فإن عمل البطارية على درجة كثافة سائل

درجة حرارة المحيط	درجة كثافة الحمض المناسبة
أقل من _40°م	1310كغ / م^3
أقل من _25°م	1295كغ / م^3
أقل من _ 5°م	1275كغ / م^3
منطقة شرق حوض البحر المتوسط : شتاءً	1270كغ / م^3
صيفاً	1240كغ / م^3

(شكل 50)

كثافة المحلول الحمضي المناسبة عند درجات حرارة مختلفة .

كهرليتي منخفضة يطيل عمر الألواح ، إنما قد يعرض البطارية إلى العطب ، نتيجة تجمد السائل الكهرليتي (تمدد الماء عند تجمده) ، حيث يتجمد السائل الكهرليتي ذو الكثافة الأعلى بدرجة حرارة أخفض وفق الجدول التالي :

درجة التجمد م°	كثافة السائل الكهرليتي عند الدرجة 15°م بال كغ / م^3	درجة التجمد م°	كثافة السائل الكهرليتي عند الدرجة 15°م بال كغ / م^3	درجة التجمد م°	كثافة السائل الكهرليتي عند الدرجة 15°م بال كغ / م^3
_ 72	1300	_ 22	1190	0	1000
[illegible]	1320	_ 25	1200	_ 3	1050
[illegible]	1330	_ 28	1210	_ [illegible]	1100
_ 54	1340	_ 34	1220	_ 9	1120
_ 38	1400	_ 50	1250	_ 10	1130
_ 14	1700	_ 54	1260	_ 12	1140
+ 5	1750	_ 58	1270	_ 14	1150
+ 6	1800	_ 68	1280	_ 16	1160
+34	1835	_ 74	1290	_ 18	1170
-50	1360	-40	1230	_ 20	1180

(شكل 51)

درجة حرارة تجمد محلول حمضي ذي كثافة معينة

7ً ـــ يمكن تقدير درجة شحن البطارية الرصاصية الحمضية السائلة بقياس كل من درجة كثافة السائل الكهرليتي فيها ، أو قياس توتر القطبين تحت الحمل ، أو كليهما . (بينما في البطارية القلوية ، فلا تتحدد درجة الشحن فيها إلا بواسطة توتر القطبين تحت الحمل ، نظراً لعدم تعلقها بقيمة كثافة السائل الكهرليتي عملياً) .

أما تقدير درجة الشحن حسب قيمة كثافة السائل الكهرليتي الموافقة ، أو توتر البطارية تحت الحمل الموافق فيمكن من أجلها اعتماد الجدولين التاليين :

كثافة السائل الكهرليتي عند مستويات مختلفة من التفريغ

	كثافة المحلول الحمضي عند 15°م بالـ كغ / م³			
ـــ مشحونة بشكل كامل	1310	1280	1270	1240
ـــ مفرغة بنسبة 25٪	1270	1240	1230	1200
ـــ مفرغة بنسبة 50٪	1230	1200	1190	1160
ـــ مفرغة بشكل كامل	1190	1160	1140	1100

الجهد (بالفولت) لخلايا مفرغة

درجة التفريغ ٪	قراءة المقياس عند التحميل
0 مشحونة تماماً	1.75-1.80
25	1.65-1.70
50	1.50-1.60
100	1.30-1.40

(شكل 52)

درجة شحن البطارية الرصاصية الحمضية بالاستناد إلى توتر الخلية فيها أو درجة كثافة المحلول الحمضي

1 ـــ 9 ـــ 1 ـــ الصيانة الدورية كل (3 أيام إلى أسبوع) .

1ً ـــ المحافظة على نظافة البطارية خصوصاً سطحها من الوسخ ، وبخار السائل الكهرليتي والرطوبة ، بحيث يجب أن يكون جافاً نظيفاً .

2ً ـــ الكشف على جسم البطارية (من حيث عدم وجود تشقق ، أو علامات طارئة أخرى) ، بالإضافة إلى مكان توضع البطارية ، الذي يجب أن يكون في البطاريات الثابتة مرتفعاً عن الأرض ، جافاً ، ثابتاً .

3ً ـــ الكشف على مستوى السائل الكهرليتي وإضافة الماء المقطر ، إذا لزم الأمر (ينصح بتصحيح مستوى السائل الكهرليتي بعد شحن البطارية بفترة ، وليس بعد تفريغها .

4ً ـــ الكشف على سلامة التوصيلات بين الشاحن والبطارية ، أو بين خلايا البطارية نفسها ، بالإضافة لسلامة ومتانة توصيلات رؤوس الكابلات . (إن وجود معدنين مختلفين ووجود رطوبة ناتجة عن سائل كهرليتي ـــ أي وسط ناقل ـــ يؤدي إلى حدوث تآكل كهرليتي لهذين المعدنين) .

5ً ـــ الكشف على قطب البطارية نفسه وتقدير فترة احتياجه إلى إعادة سباكته .

6ً ـــ الكشف على درجة كثافة السائل الكهرليتي وتسجيلها وإجراء ما يلزم إزاء النتيجة .

7 ـــ قراءة توتر كل خلية على الحمل بواسطة البيزوميتر ، وتسجيلها وإجراء ما يلزم إزاء النتيجة .

8ً ـــ الكشف على وجود أي مولد للّهب أو الشرارات قريباً من البطارية ، وبخاصة أثناء شحن البطارية .

9ً ـــ الكشف على محافظة غرفة البطارية على شروط الأمان والسلامة (التهوية ، النظافة ، عدم وجود مواد دخيلة ....) .

1 ـــ 9 ـــ 2 ـــ الصيانة كل أسبوعين

1ً ـــ إجراء كل الفحوصات السابقة .

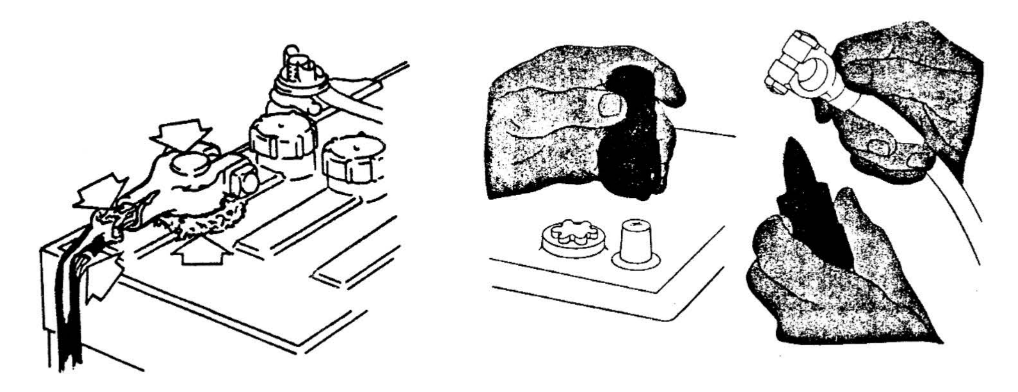
2ً ـــ إجراء مقارنة بين قراءات كثافة الحمض بين كلا الخلايا ، وتقدير سلامة عمل الشاحن وإعادة تعييره إذا لزم الأمر من أجل أن تكون درجة الشحن كاملة بشكل دائم .

3ً ـــ إجراء مقارنة بين قياسات توتر كل خلية في البطارية مع القراءات السابقة لمعرفة محافظة البطارية على جودتها . وتقدير ذلك .

4ً ــ الكشف على درجة نظافة السائل الكهرليتي ، فإذا احتوى شوائب ، أو تغير لونه بشكل ظاهر ، فيجب إجراء عملية غسيل للبطارية ، تجري على النحو التالي :

تفـرَّغ البطارية من السائل الكهرليتي ، وتملأ بالماء المقطر وتترك لعدة ساعات ، ثم تفـرَّغ وتغسل عدة مرات متتالية بالماء المقطر ، بحيث يخرج هذا الماء نظيفاً منها . بعد ذلك تملأ بسائل كهرليتي نظامي وتوضع تحت الشحن ، وبعد ظهور علامات الشحن نعـدِّل درجة الكثافة حسب درجة حرارة جو العمل .

5ً ــ تنظيف أقطاب البطارية ووضع طبقة رقيقة من الشحم بعد ذلك ، ويتم التنظيف بواسطة فرشاة بولاد ناعمة ، لإزالـة المواد النـاتجة عن الأكسدة والصدأ والاهتـراء الكهرليتي ، حول القطب ورأس الكابل وبينهما . والأشكال التالية توضح طرق التعامل مع قطب البطارية ورأس الكابل الخاص بها وأحد مظاهر الاهتراء .

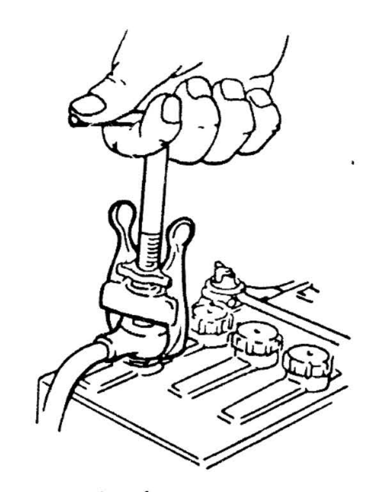


53 ــ ب ــ مظهر لتآكل واهتراء الكابـل ورأس الكابل والقطب

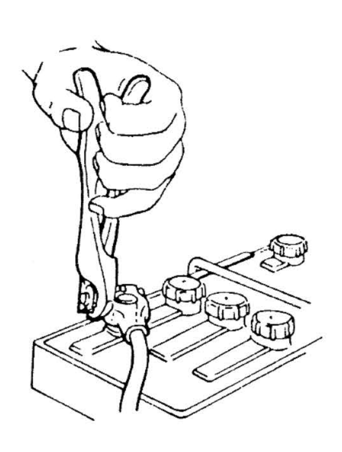
53 ــ أ ــ تنظيف رأس قطب البطارية

(شكل 53)
ــ من أ إلى ج ــ
أقطاب البطارية ورؤوس كابلاتها والتعامل معها

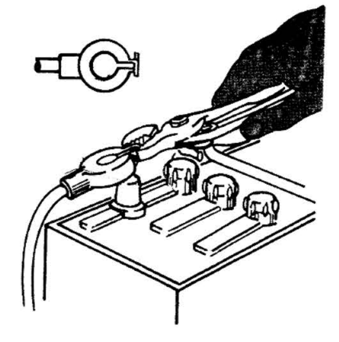
6ً ــ تنظيف سطح البطارية والأقطاب بواسطة محلول : **Common Baking Soda** الذي يوضع على سطح البطارية ، ويترك حتى ينتهي التفاعل (انتهاء تشكل الفقاعات) ، ثم يغسل السطح بعد ذلك بمزيد من الماء المقطر ، ثم يجفف .



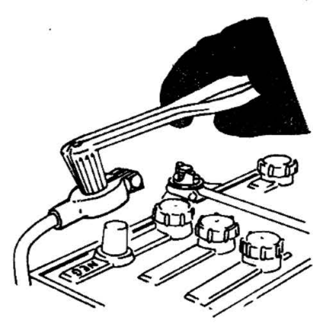
53 ــ ج ــ طريقة سحب رأس الكابل عن قطب البطارية .



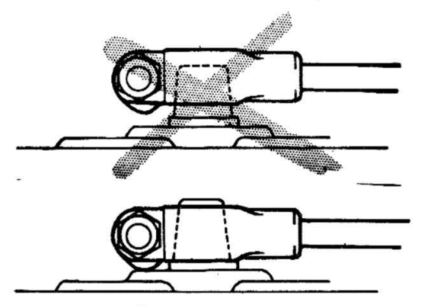
53 ــ د ــ حل عزقة الشد في رأس كابل البطارية قبل نزعه .



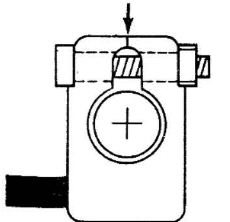
53 ــ هـ ــ تستخدم البانسة لتوسيع قطر رأس الكابل النابضي قبل تثبيته أو سحبه



53 ــ و ــ تستخدم بانسة خاصة لتوسيع رأس الكابل قبل تثبيته أو نزعه، عندما يكون رأس الكابل نابضياً



53 ــ ز ــ الوضع الصحيح (الأسفل) والوضع الخاطي (الأعلى) لتثبيت رأس كابل بطارية



53 ــ ح ــ الوضع الصحيح (اليميني) والخاطئ (اليساري) لاختيار بعد رأس الكابل، حيث يجب أن لا يكون هناك أي خلوص في القطب ورأس الكابل

ـــ 10 ـــ تخزين البطارية الحمضية الرصاصية

1ً ـــ البطاريات الجديدة : وهي التي تصل من المصنع وغير مشحونة ، ويجب اتباع التالي فيما يخصها :

أ ـــ يجب إغلاق البطاريات بإحكام (وضع أغطية فتحات الملء بإحكام) وذلك لتعريض الألواح (خصوصاً السالبة) لأقل كمية من الهواء ، نظراً لسرعة تأكسدها .

ب ـــ يجب أن يكون الخزن في مكان جاف ، نظيف ، لا تتجاوز درجة حرارته 35°م .

ج ـــ يجب الانتباه بحيث توضع البطارية وأقطابها للأعلى ، بحيث يجري المحافظة على العبوة ، ولا تتعرض الألواح والعوازل لضغط جانبي .

د ـــ يجب عدم وضع البطاريات فوق بعضها مباشرة ، بل توضع على رفوف منفصلة وطبقة واحدة على كل رف . لأن وزن البطارية الكبير نسبياً ، يؤدي إلى أن ينتقل هذا الوزن إلى الألواح ، التي يمكن أن ينكسر **بعضها وتنشأ دارة قصيرة** بينها .

أما في البطاريات التي تحوي عبوتها بروزات سميكة ، فيسمح عند الاضطرار بوضع طبقتين فوق بعضهما من البطاريات على أن يكون وزن البطارية العلوية على البروزات وليس على الأقطاب البارزة .



(شكل 54)
طريقة تستيف بطاريات في المستودع

هـ ـــ يجب أن لا تزيد مدة الخزن عن عام واحد إذا كانت العوازل خشبية وأن لا تزيد عن عامين إذا كان العازل بلاستيكياً .

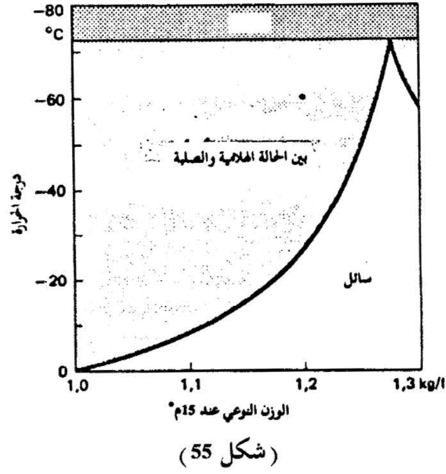
2ً ـــ البطاريات المشحونة والمستعملة : ويجب اتباع التالي عند خزنها :

أ ـــ يجب تعريضها لاختبار فحص سعتها ، وذلك بعمل دورة شحن وتفريغ معين ،

فإذا كانت نسبة السعة الفعلية، التي تملكها إلى السعة الإسمية جيدة، فيمكن الخزن وإلا فينصح بعدم خزنها إلا لفترات قصيرة، وتغلق أغطية الفتحات للبطارية الجيدة بعد إجراء عملية إعادة شحن، وتخفض درجة كثافة السائل الكهرليتي لتخفيف اهتراء الألواح (تزداد عملية اهتراء الألواح مع ارتفاع كثافة السائل الكهرليتي).

ب ــ يمكن خزن البطارية الرصاصية الحمضية السائلة بأمان في درجة الحرارة ·· إلى ــ25°م لفترة معقولة، لأن التفريغ الذاتي في درجات الحرارة المنخفضة ينخفض بدرجة كبيرة.

يحظر من تعريض بطارية مفـرَّغة إلى الخزن مباشرة في درجات الحرارة المنخفضة، لأن درجة تجمد السائل الكهرليتي ترتفع بشكل يتناسب مع انخفاض درجة كثافته، حيث إن البطارية المفـرَّغة تكون درجة كثافة السائل فيها منخفضة، أو بمعنى آخر تكون نسبة الماء في السائل كبيرة. وانجماده يعني ازديـاد حجمه، وهذا يؤدي إلى كسر العبوة والألواح أحياناً. وقد عرضنا قبل قليل جدولاً يدل على درجة تجمد السائل الكهرليتي حسب درجة كثافته. والمنحني التالي يوضح ذلك أيضاً بطريقة أخرى:



(شكل 55)

منحني يوضح حالة محلول حمضي بالاستناد إلى كثافته ودرجة الحرارة

ــ في حال عدم التمكن من الحصول على مكـان خزن تتوفـر فيـه درجـــة الحرارة المناسبة، يجب إجراء دورة أو دورتي شحن وتفريغ مرة كل شهر (أو حسب توصيات الشركة الصانعة).

ــ يجب توفر شروط الأمان والسلامة في مكان الخزن ــ تهوية، عدم وجود لهب، عدم وجود احتمال سقوط أجسام معدنية على البطاريات.

3ً ــ أما البطاريات المشحونة والمفـرَّغة من السائل الكهرليتي، فيجب التأكد من إحكام

إغلاقها لمنع الرطوبة من الدخول إليها وكذلك أكسجين الهواء ، وعادة لا تستخدم عوازل خشبية أو مثيلة فيها ، بل يستخدم عوازل قابلة للتجفيف مثل المطاط أو المركبات الصناعية أو الألياف الزجاجية . ومن أجل استخدام هذه البطاريات نحتاج فقط إلى إملائها حتى المستوى النظامي بسائل كهرليتي حمضي ، ذي درجة كثافة نظامية وننتظر فترة زمنية لا تقل عن عشرين دقيقة لنستخدم البطارية في العمل مباشرة .

1 ـــ 11 ـــ البطاريات الرصاصية الحمضية التي لا تحتاج إلى صيانة

Free maintenance battery

وهي بطارية حمضية رصاصية (ويوجد نماذج قلوية تتمتع بهذه الصفة) لا تختلف من حيث المبدأ والتركيب العام ، إنما تم تزويدها بإضافات معينة وأجريت لها بعض الترتيبات ، بحيث أصبح بإمكانها القيام بعملها طوال المدة التي تقدرها لها الشركة الصانعة (هذا إذا استخدمت بالشكل الصحيح والنظامي من حيث الشحن والتفريغ وقيمهما) دون أن تحتاج إلى صيانة أو عناية ، خاصة لمحتوياتها . ويشمل ذلك عدم الحاجة لإضافة الماء المقطر ، فهي من هذه الناحية بطاريات كتيمة ، ما عدا فتحات محكمة تسمح بخروج الغازات من داخل البطارية إلى خارجها عند ارتفاع ضغط هذه الغازات لقيمة محدودة . دون أن تسمح لأية قطرة من السائل الكهرليتي بالخروج . وفي مثل هذه البطاريات تنحصر أعمال الصيانة في العناية بالأقطاب ، ومراقبة شحن وتفريغ البطارية بحيث يكونان ضمن المجالات المسموحة للبطارية .

وتتبع الشركات عدة طرق لتحديد درجة شحن مثل هذه البطاريات ، كاستخدام ما يسمى في السوق بالعين السحرية ـــ راجع الفقرة (1 ـــ 5) ، حيث يدل اللون الأخضر فيها على درجة الشحن الجيدة ، في حين يدل السواد على حاجة البطارية إلى الشحن ، واللون الفاتح يدل على التفريغ الكامل للبطارية .

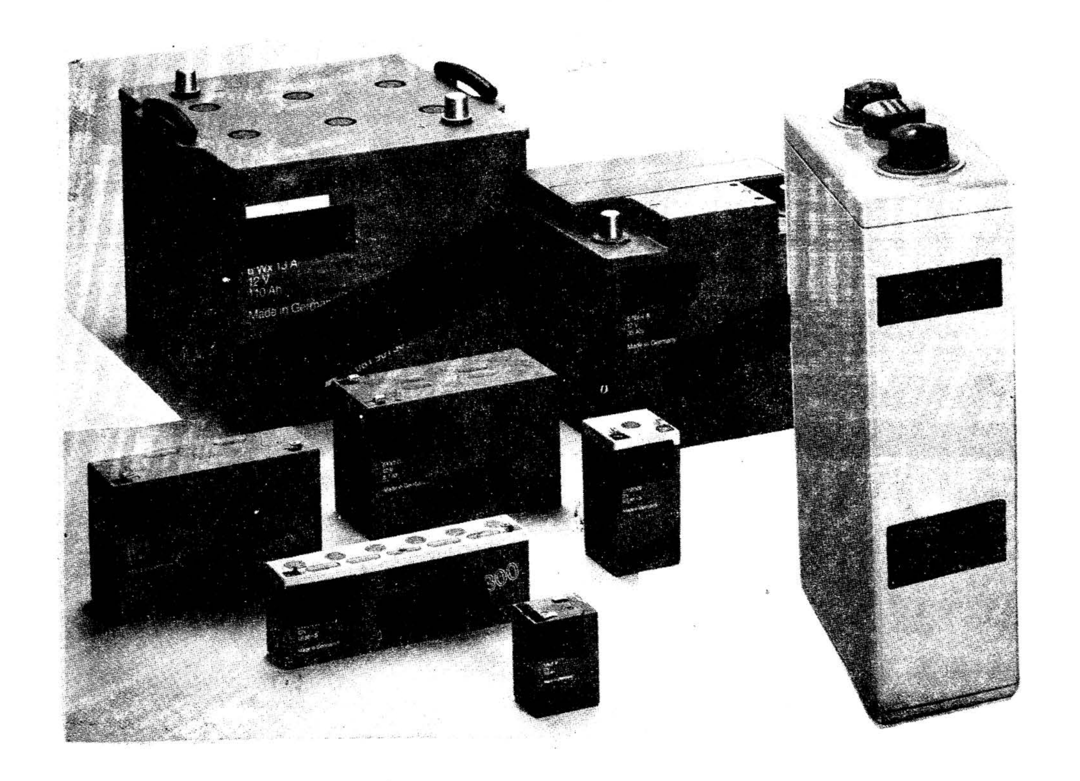
أو أن تحوي البطارية أنبوباً شفافاً موصولاً بسائل البطارية ، فيه عدة كرات صغيرة ، يشير طفوها فوق إشارة معينة مرسومة على الأنبوب ، إلى أن البطارية بحالة شحن جيدة في حين يشير تواجدها دونها إلى حاجة البطارية إلى الشحن .

وفي تطور آخر لهذه البطاريات تم الوصول إلى بطاريات ذات سائل كهرليتي قليل السيولة أو هلامي . وذلك لتخفيف المساوئ التي تظهر في البطاريات ذات الكهرليت السائل (سرعة تبخر ،

انسكاب نتيجة الاهتزاز ، الأضرار الناتجة عن تسربه وانتشاره خارج البطارية ، أو خارج الوعاء الذي يحتويه ....) . وآخر ما توصل إليه العلم بصدد البطاريات الرصاصية الحمضية ، هو التمكن من صنعها مع كهرليت صلب تماماً (صلب إسفنجي) ، بحيث يمكن تسميتها بحق البطارية الرصاصية الحمضية الجافة وسنتناولها بشيء من التفصيل فيما يلي :

1 ــ 12 ــ البطاريات الحمضية الرصاصية الجافة

تمتاز هذه البطارية ضمن أنواع البطاريات التي لا تحتاج إلى صيانة ، بالكهرليت الصلب فيها بدلاً من الكهرليت السائل أو الكهرليت الهلامي .



(شكل 56)

نماذج مختلفة لبطاريات رصاصية حمضية جافة

وبذلك نحصل في مثل هذه البطاريات الجافة على الميزات التالية المباشرة :

1ً ــ تجنب مشاكل انسكاب السائل الحمضي ، وبالتالي تجنب الأضرار ، التي قد تنتج عن ذلك .

2ً ــ عدم الحاجة إلى إضافة الماء المقطر للمحافظة على مستوى السائل الكهرليتي .

3ً ــ إمكانية استخدام البطارية بالوضع الرأسي ، أو على أي جانب منها ، دون التعرض لأي إشكال ــ تتعرض الآليات ، التي يتضمن عملها اهتزازات عنيفة وأوضاعاً مائلة (جرارات ــ تراكسات ...) إلى تآكل المعدن حول البطارية إذا كانت من النوع السائل ، عدا عن الأضرار التي قد تصيب البطارية ــ .

4ً ــ عدم الحاجة إلى مكان ذي شروط خاصة ، يجب تأمينها في حالة البطاريات السائلة . وهذا يعني تجنب الكلفة الإضافية اللازمة لتأمين هذه الشروط .

5ً ــ إن عدم الحاجة إلى إضافة الماء المقطر لتعديل مستوى السائل ، تؤدي إلى اختصار حجم المكان بشكل كبير ، نظراً لعدم الحاجة إلى ترك ممر لعنصر الصيانة جانب البطاريات أو فوقها .

6ً ــ النقل بسهولة وأمان وبأي وسيلة نقل مع كون البطارية مشحونة . بينما ليس مسموحاً بذلك بالنسبة للبطاريات السائلة .

أما من حيث التركيب فقد أمكن إضافة ميزات إضافية أخرى ، نتيجة إجراء بعض التعديلات في أسس تركيبها وصناعتها ، وتتلخص هذه التعديلات بما يلي :

ــ عدم إضافة الأنتموان إلى الهيكل الشبكي الرصاصي ، وكانت نسبة من الأنتموان تضاف إلى هذا الهيكل لتخفيض درجة انصهار الرصاص الذي يحوي تلك النسبة ورفع إمكانية تشكيله ، وتقوية الألواح ، بحيث تتحمل دورات شحن وتفريغ أكثر . هذا من الناحية الإيجابية ، أما من الناحية السلبية ، فكانت نسبة الأنتموان هذه ترفع المقاومة الكهربائية نسبياً ، بالإضافة لتأثير وجود هذه النسبة في زيادة التفريغ الذاتي في البطارية . وأصبح الهيكل الرصاصي مصنوعاً من الرصاص والكالسيوم ، بدلاً من الرصاص والأنتموان .

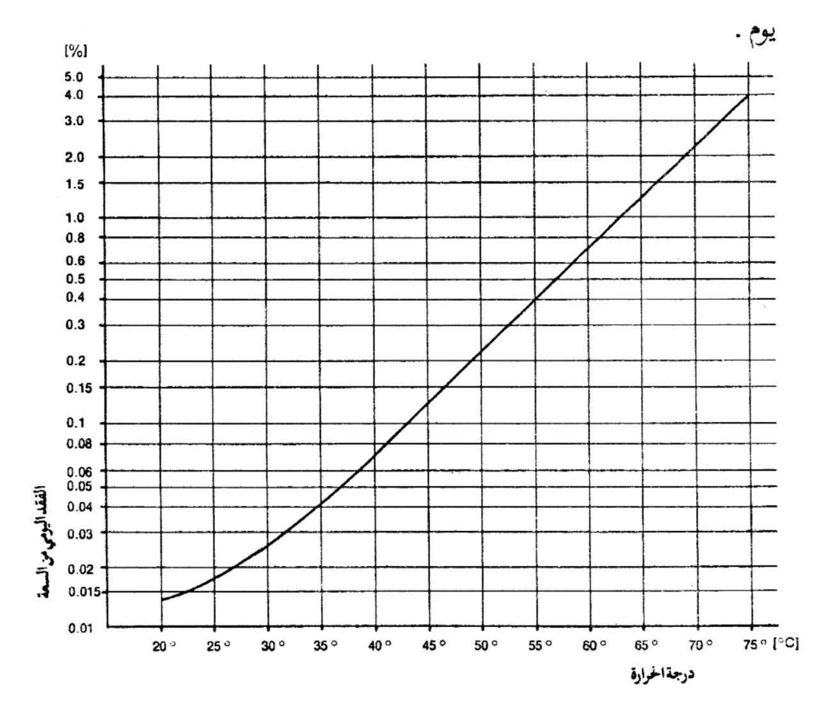
كما استخدم حمض السيليسيوم وحمض الفوسفور في تحضير السائل الكهرليتي ، إضافة إلى

حمض الكبريت مع إضافات معينة بحيث تبقى هذه الخليطة بحالة سائلة مع استمرار التحريك. وتتحول بعد فترة من توقف التحريك إلى حالة بناء كريستالي صلب يشبه الإسفنج. وبالتالي نحصل على ميزات رئيسية أخرى وهي :

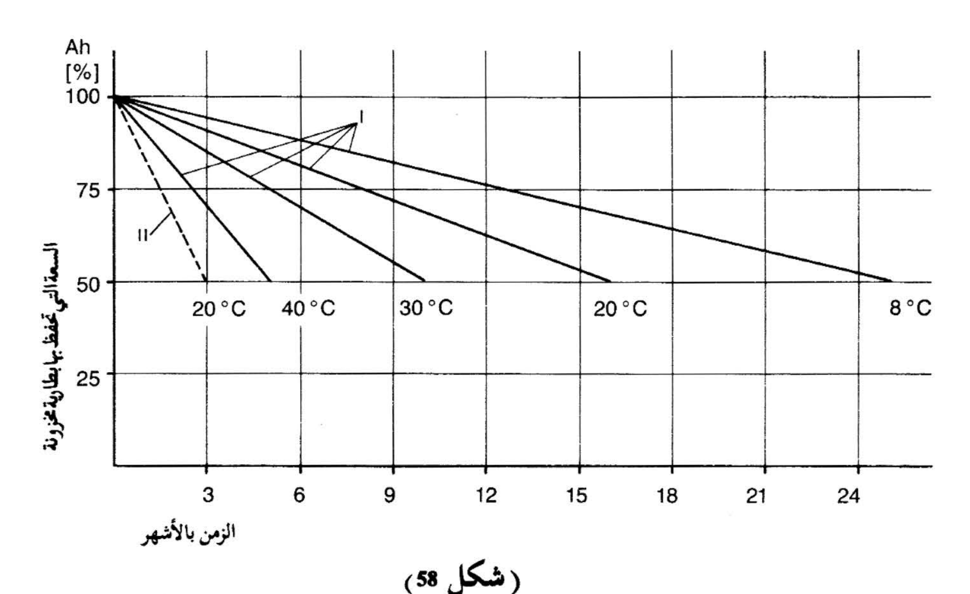
1ً ـــ ازدياد عدد دورات الشحن والتفريغ بالنسبة لهذه البطاريات.

2ً ـــ أصبح بإمكان هذه البطارية أن تتحمل فترة طويلة نسبياً بين تفريغها وإعادة شحنها، بينما لم يكن ذلك ممكناً في البطارية الرصاصية الحمضية السائلة. ويمكن أن تتحمل الأنواع الجيدة من البطاريات الجافة هذه، مدة أربعة أسابيع بحالة تفريغ كامل قبل إعادة الشحن، دون أن تنخفض السعة الفعلية فيها عملياً.

3ً ـــ انخفضت نسبة التفريغ الذاتي لدرجة كبيرة، وبالتالي أصبح بالإمكان الاحتفاظ بالبطارية جاهزة للعمل الفوري، بعد خزن لمدة طويلة تصل إلى ستة عشر شهراً دون أن تفقد أكثر من 50٪ من سعتها، مع إمكانية استعادة السعة كاملة بعد دورة أو دورتي شحن. والشكل التالي رقم (57)، يبين فقد السعة الدائم حسب درجة الحرارة عن كل يوم.



(شكل 57)



(شكل 58)

منحني يبين نسبة السعة التي تحتفظ بها بطارية مخزونة حسب درجة الحرارة ـــ الخطوط المستمرة لبطارية حمضية رصاصية كتيمة ذات كهرليت جاف (صلب) ـــ الخط المنقط لبطارية حمضية رصاصية عادية

4ً ـــ تخرج البطارية من المصنع مشحونة جاهزة ، وبالتالي يتم اختصار كلفة الشحن وزمنه ، ونتجنب الأخطاء التي تنتج عن الشحن الأول غير النظامي .

5ً ـــ تقل نسبة الغازات المنطلقة ، نتيجة زيادة الشحن في البطاريات الجافة عنها في البطاريات السائلة بحوالي خمسين مرة .

6ً ـــ تمتاز مثل هذه البطاريات بعمر طويل يتراوح بين 5 إلى 15 عاماً ، حسب نموذج البطارية ، وحسب التزام الجهة المستخدمة بشروط العمل النظامية .

7ً ـــ المجال الحراري للعمل يتراوح بين ـ30°م و 50°م .

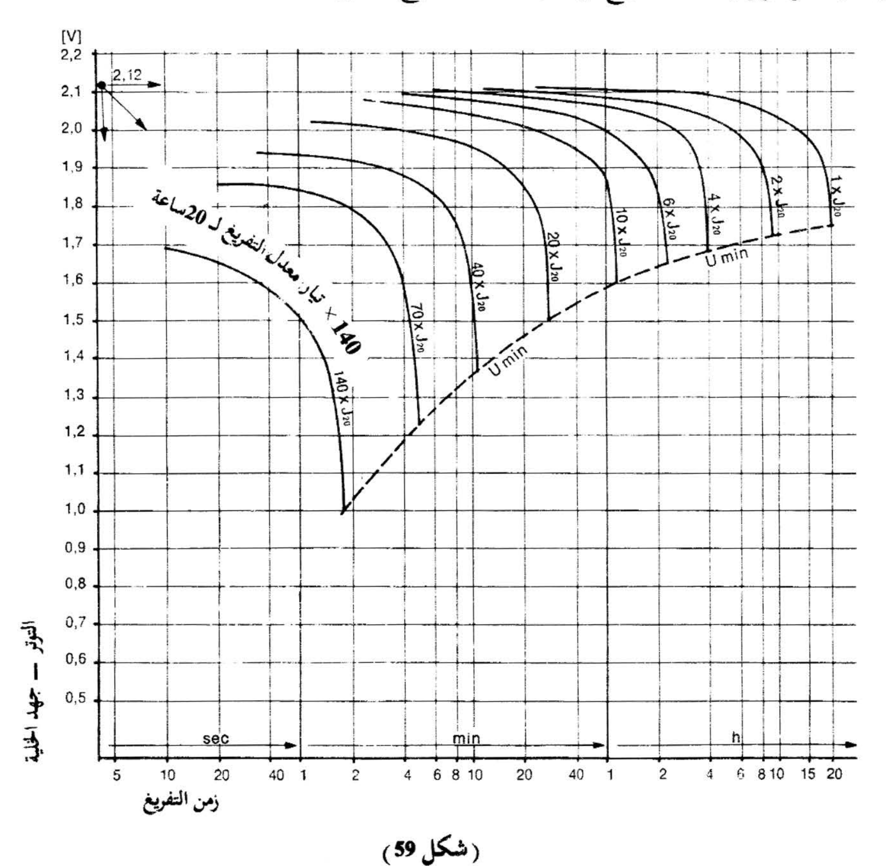
8ً ـــ لا يمكن حصول دارة قصيرة ضمن البطارية ، نظراً لعدم إمكانية الحركة الميكانيكية داخلها بالنسبة للجزيئات الساقطة ، التي تقوم بقصر الألواح الموجبة مع الألواح السالبة في البطارية السائلة .

9ً ـــ هناك تجانس في كثافة الحمض في جميع نقاط البطارية ، على عكس البطارية السائلة ، حيث تكون الكثافة عالية في أسفل البطارية ومنخفضة في أعلاها ، لذلك تحتاج البطارية السائلة إلى عملية تفوير (شحن بتيار عالي لفترة قصيرة) بشكل دوري لتجنب ذلك .

10ً ـــ نظراً لعدم وجود سائل كهرليت أو أبخرته ، فإن الحاجة لصيانة أقطاب البطارية قليلة .

وتصنع الألواح في البطاريات الرصاصية الجافة بشكل مسطحات أو أنابيب ، بحيث يمكن إنتاج بطاريات حسب نوع العمل ، الذي ستستخدم فيه ، سواء لإعطاء تيار كبير خلال فترات قصيرة ، أو لإعطاء تيار صغير لفترات طويلة ودورات شحن تفريغ كثيرة (تصنع الألواح في مثل هذه الحالة بشكل أنابيب) .

ويجدر بالذكر أن مثل هذه البطارية تتحمل توتر نهاية تفريغ أقل مما هو مسموح في حالة بطارية رصاصية سائلة . وتوتر نهاية التفريغ بحد ذاته يتعلق بمقدار تيار التفريغ . حيث كلما كان تيار التفريغ صغيراً كان زمن الوصول إلى قيمة توتر نهاية التفريغ المسموح أكبر . وكانت قيمة توتر نهاية التفريغ نفسها أكبر أيضاً ، كما يوضحه المنحني التالي في (الشكل 59) . حيث إن التعبير 140 × I_{c20} يعني تيار التفريغ الذي لو استجر من البطارية لمدة عشرين ساعة وصل جهد البطارية بنهايتها إلى جهد أو توتر إيقاف التفريغ أو جهد نهاية التفريغ مضروباً بالعدد 140 .

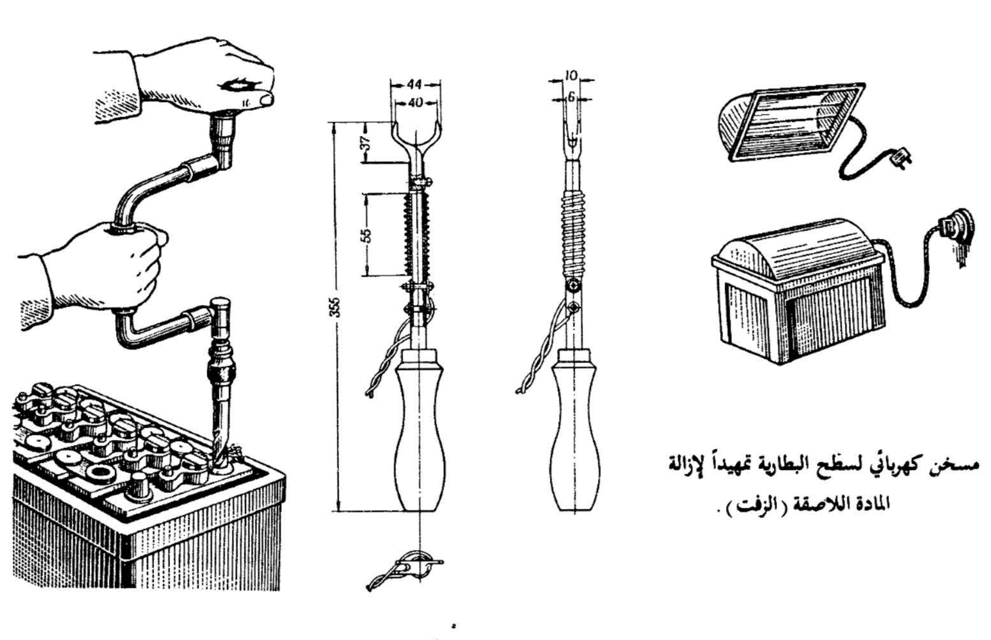


(شكل 59)

1 ـــ 13 ـــ فتح البطارية الرصاصية الحمضية السائلة من أجل إجراء صيانة

ليست مسألة فتح البطارية الرصاصية الحمضية السائلة معقدة ، لكنها تحتاج إلى انتباه وحرص ، بحيث تؤدي الغرض منها ، والذي يتراوح بين استبدال العوازل بين الألواح ، أو استبدال خلايا ميتة في بطارية، أو الاستفادة من عبوة البطارية ووضع ألواح جديدة بديلة .

إذ كثيراً ما نصادف مواتاً في عدد من خلايا بطارية واحدة (واحدة أو اثنتين) وليس كل الخلايا معاً . لذلك وتجنباً لخروج بطاريتين أو ثلاث بطاريات عن الخدمة نتيجة ذلك ، يمكن استبدال الخلايا الميتة بين هذه البطاريات ، بحيث تنقل ألواح الخلايا الجيدة من إحدى البطاريات لتحل محل الخلايا الميتة في البطاريات الأخرى . ولعمل مثل هذه العمليات نتبع الخطوات التالية :



مسخن كهربائي لسطح البطارية تمهيداً لإزالة المادة اللاصقة (الزفت) .

سكين كهربائية لإزالة الزفت

(شكل 60)

أدوات بسيطة تستخدم في فتح البطارية

1ً ـــ يجري تفريغ البطارية ، المراد استبدال أحد أو بعض خلاياها حتى توتر نهاية التفريغ بتيار 0,1 أو 0,05 من سعة البطارية ، أو يجري استبدال السائل الكهرليتي في البطارية بالماء

المقطر ، ثم نضع البطارية تحت الشحن لمدة 16 ساعة تقريبا ومن ثم نبدأ العمل . (إذا اتبعنا الحالة الأولى فيجب عدم ترك البطارية وهي بحالة تفريغ أكثر من 24 ساعة خوفاً من حدوث الكبرتة) .

2ً ــ يجري فصل الوصلات الرصاصية الظاهرة بين أقطاب خلايا البطارية الواحدة ، مع الانتباه بحيث لا تسقط البرادة ضمن الخلايا .

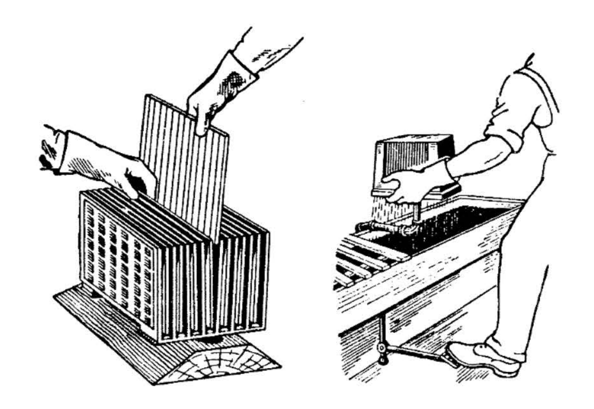
3ً ــ يجري تسخين المادة اللاصقة بين غطاء سطح البطارية وجوانبها (وعادة تكون من الزفت) بواسطة أدوات خاصة ، ويمكن من أجل السرعة استخدام لهب مركب ، ويفضل لهب الهيدروجين ، الذي لا يعطي درجات حرارة مرتفعة ، بحيث تضر بعبوة البطارية أو محتوياتها .

4ً ــ وبعد فصل غطاء سطح الخلية عن جوانب (جدران) الخلية يتم رفع الغطاء مع الألواح والقطبين .

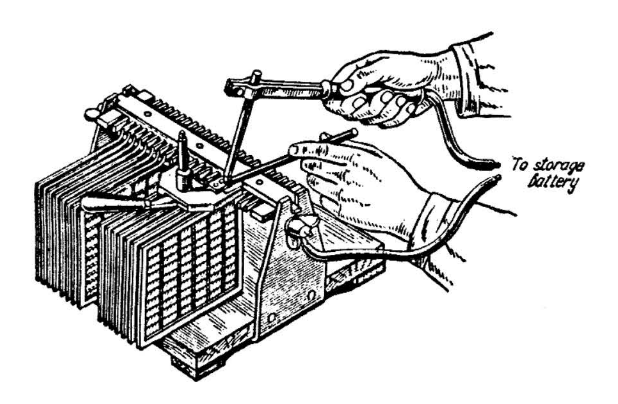
5ً ــ ثم نجري عملية تنظيف للخلية من الرواسب في قعرها ، تمهيداً لوضع ألواح الخلية المستبدلة ، والتي يتم الكشف عليها قبل وضعها من حيث سلامة الألواح والعوازل والتوصيلات بين الألواح من إشارة واحدة . كما في الشكل 61 .

6ً ــ عند إدخال كتلة الخلية المستبدلة يجب عدم ترك فراغ بين الألواح وجدران الخلية ، بعد التأكد من التسلسل الصحيح لترتيب قطبي الخلية المستبدلة بالنسبة للخلايا الأخرى . وبعد إدخالها تعاد التوصيلات وإغلاق الفراغ بين جوانب الخلية وغطاء سطحها بواسطة الزفت . من أجل إجراء توصيلات مقاطع الرصاص ، نستخدم طريقة لحام المقاومة ، الذي يشبه اللحام الكهربائي ، حيث يتألف من قطبين أحدهما رصاصي والآخر كربوني ويطبق بينهما توتر منخفض مستمر . وعند حدوث تماس بينهما تنشأ حرارة عالية ، ينصهر على أثرها قطب الرصاص ليملأ المكان المراد تعبئته بالرصاص أو المراد لحامه ، كما في الشكل 61 .

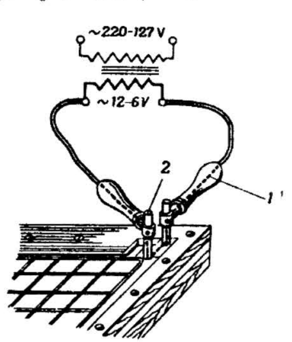
أما من أجل القطبين النهائيين للبطارية ذات خلايا عديدة ، فيجري سكبهما بواسطة القالب الخاص بكل قطب ، حيث غالباً ما يكون القطب الموجب أكبر من القطب السالب ويجري أخيراً وضع الإشارة على كل قطب منهما (شكل 62) .



غسيل عبوة البطارية واستبدال العوازل التالفة



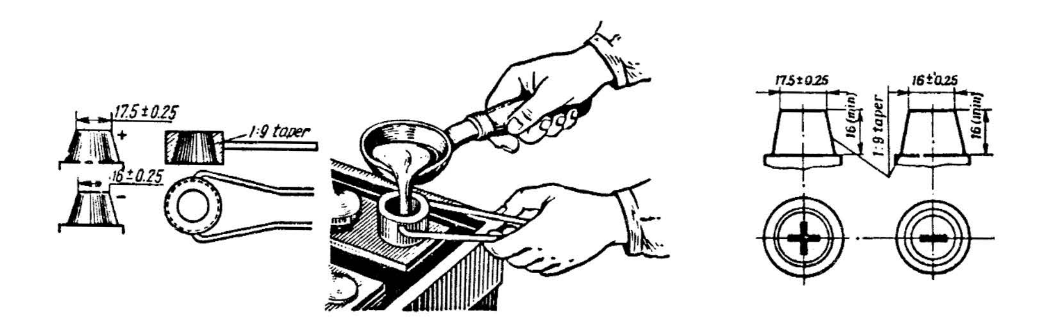
طريقة لحام كل من مجموعتي الألواح الموجبة والسالبة إلى شريحتي التوصيل



لحام المقاومة بقطب من الفحم :
1 ــ قطب الفحم 2 ــ القضيب الرصاصي لملء الرصاص أثناء اللحام

(شكل 61)

بعض أعمال الصيانة والتجهيز للبطارية الرصاصية الحمضية العادية



(شكل 62)
أبعاد وطريقة صب أقطاب البطارية الرصاصية الحمضية الجافة

1 ــ 14 ــ ملاحظات عامة عن البطاريات الرصاصية الحمضية

1ً ــ تحسب مقاطع كابلات البطارية على أساس تيار تفريغ البطارية خلال ثلاث ساعات .

2ً ــ يقدر عمر البطارية الرصاصية الحمضية السائلة العادية بأكثر من ثلاث سنوات ، والموت السريع للبطارية الجيدة الصنع يعزى بأغلب حالاته (إذا كان التصنيع والشحن الأوليان سليمين) إلى الشاحن وطريقة عمله مع البطارية .

3ً ــ عند وصل وفصل الكابلات من بطارية ، يتم فصل الطرف السالب أولاً ، ثم الطرف الموجب . وعند التوصيل يتم العكس ؛ أي يوصل الطرف الموجب أولاً ثم الطرف السالب ، تجنباً لحدوث شرارة كبيرة .

4ً ــ البطارية القديمة لا يمكن أن تملك نفس كثافة الحمض الأصلية ، أو نفس السعة الإسمية بسبب تآكل وسقوط جزء من المواد الفعالة أو مواتها .

5ً ــ تتناسب كمية الحمض الممتصة من السائل الحمضي إلى الألواح ، طرداً مع كمية الكهرباء المسحوبة من البطارية . وعندما تكون البطارية مفـرّغة حتى الوصول إلى توتر نهاية التفريغ ، فهذا لا يعني أن كامل كمية الحمض والمواد الفعالة في البطارية قد دخلت في التفاعلات ، لأن التفاعل يتوقف قبل ذلك بكثير ، بسبب انخفاض كثافة الحمض ، وامتلاك نوعي الألواح لكمون متساوٍ تقريباً ، وذلك ناتج عن تشكل مادة واحدة على كلا نوعي الألواح كما رأينا سابقاً . وهذه المادة هي كبريتات الرصاص . هذا عدا عن

أن التفاعل يحدث على سطح الألواح، إذا ما كان تفريغ البطارية بمعدل تيار عالٍ. وبالتالي لا يجري الاستفادة من كامل المادة الفعالة.

6ً ــ القراءة الصحيحة للهيدروميتر لا تتم بعد إضافة ماء مقطر مباشرة. كما أنها يجب أن تؤخذ في درجة حرارة 80 درجة فهرنهايت ≈ 26°م. فإذا تمت القراءة في درجة حرارة مختلفة، فنجري تعديل النتيجة على النحو التالي: نضيف قيمة 10كغ/م^3 لكل 15 درجة فهرنهايت أو 5,5°م زيادة عن درجة الحرارة تلك، ونطرحها في حال كون درجة الحرارة الفعلية أقل من ذلك.

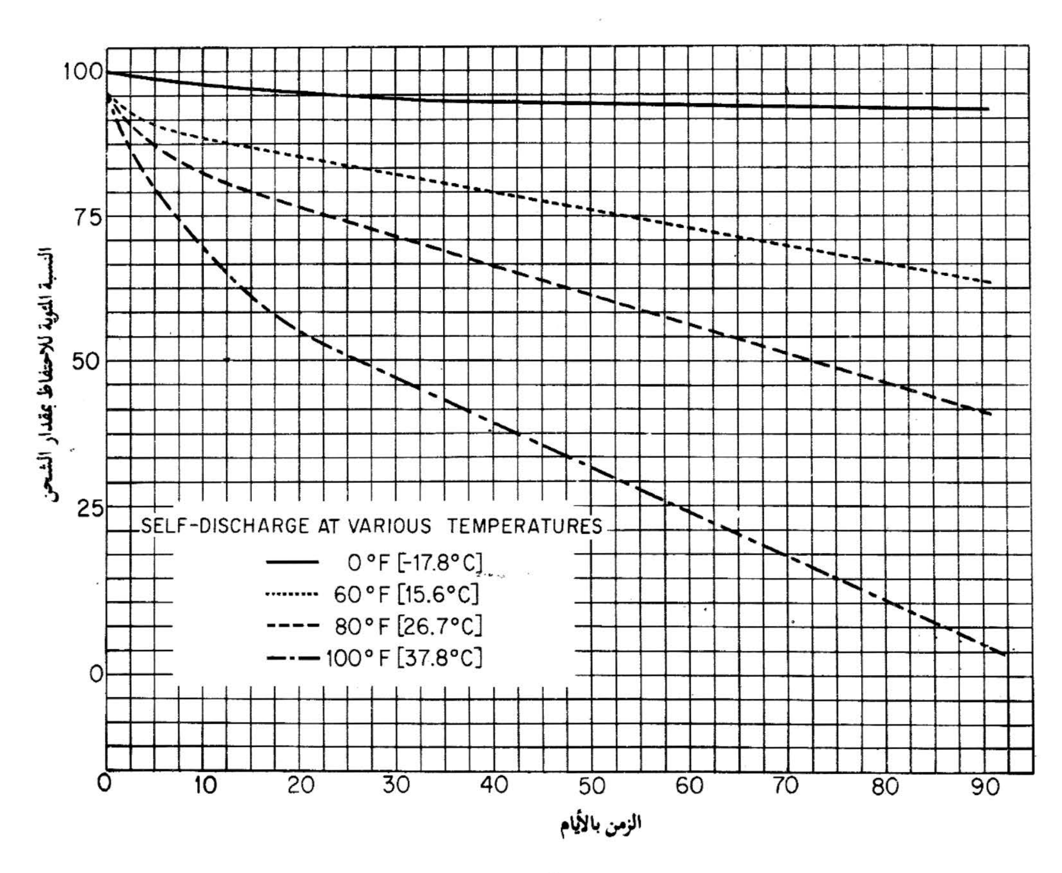
7ً ــ يجب توقيف تفريغ البطارية إذا وصل توتر أي خلية فيها إلى الحد الأدنى المسموح، حفاظاً على الخلية نفسها وعلى التوتر النهائي للبطارية ككل.

1 ــ 15 ــ التفريغ الذاتي في البطارية الحمضية الرصاصية

إن التفريغ الذاتي في مثل هذه البطارية يعزى إلى التفاعل الضار، الذي يحدث على الألواح السالبة والموجبة. ويصل معدل التفريغ الذاتي في البطارية الرصاصية الحمضية الكلاسيكية في درجات الحرارة الأعلى من 30°م إلى 1٪ من سعة البطارية الإسمية يومياً تقريباً. أما في مجال درجة الحرارة بين ∴ و ــ 30°م، فيعتبر التفريغ الذاتي بطيئاً جداً أو معدوماً، ويزداد التفريغ الذاتي طرداً مع ازدياد عمر البطارية، بسبب التفاعلات الضارة بوجود الأنتموان والسائل الكهرليتي، الذي يتغلغل في الألواح مع اهتراء الهيكل الشبكي للألواح الموجبة. وسيتم مناقشة آلية التفريغ الذاتي في **الفقرة 1 ـ17ـ 6**، حيث يعد التفريغ الذاتي من الأعطال الكبيرة الشائعة. لذلك تم الاتجاه في تصميم البطاريات الرصاصية الحمضية في الفترة القريبة الماضية إلى التخلص من نسبة الأنتموان الموجودة مع خليطة الرصاص للتقليل قدر الإمكان من مقدار التفريغ الذاتي، مع إجراء تعديلات عديدة لتعويض المزايا والإيجابيات التي كانت تقدمها نسبة الأنتموان السابقة، وتم الوصول إلى صنع بطاريات حمضية رصاصية جافة، كما تم توضيحها فيما سبق.

1 ــ 16 ــ توصيات السلامة عند التعامل مع البطاريات الحمضية الرصاصية

1ً ــ يجب تشغيل شفاطات ومراوح الهواء بشكل مستمر عند التعامل مع الرصاص.



(شكل 63)

المنحني التالي يوضح التفريغ الذاتي وتأثير درجة الحرارة عليه حيث تفقد البطارية 100٪ من نسبة شحنها خلال 90 يوماً عندما **تكون** محفوظة في جو درجة حرارته 37°م . كما في المنحني ـــ.ـــ.ـــ.

2ً ـــ يجب منع تناول الوجبات أو المشروبات أو مسك ما يدخل إلى الجوف عند التعامل مع الرصاص ، أو في الأمكنة التي يخزن فيها . كذلك يمنع التدخين ضمن هذه الظروف .

3ً ـــ عند صهر الرصاص يجب أن يلبس العامل قفازات ، نظارات ، كمّامة ، لباس سميك ـــ لا تلمس الرصاص باليد مباشرة دون لبس قفاز خاص ، لأن الرصاص يؤذي الأنسجة الجلدية عدا عن التأثير الخطير البعيد المدى .

4ً ـــ تغسل الأيادي بعد الانتهاء من العمل بمحلول رماد الصودا (كربونات الصوديوم اللا مائية) ، أو حمض الأكساليك (حمض الحماض) .

5ً ـــ تطبق نفس الشروط السابقة عند التعامل مع الحمض مع وجوب توفر المواد الخاصة

بالمعالجة المبدئية للحروق الناتجة عن الحمض من أجل إجراء الإسعاف الأولي قبل الوصول إلى المشفى ...

1 ـــ 17 ـــ الأعطال الكبيرة في البطارية الرصاصية الحمضية وإصلاحها

وهي غير الأعطال الصغيرة، التي يمكن إصلاحها بشكل مباشر مثل تنظيف الأقطاب وقشط الصدأ أو نواتج الاهتراء عليها وغيرها . وتتضمن هذه الأعطال الكبيرة ما يلي :

1 ـــ 17 ـــ 1 ـــ العيون أو الخلايا الميتة

إذا حصل أن إحدى الخلايا قد جرى تفريغها بنسبة أكثر من الخلايا الأخرى، فعند استمرار التفريغ، سرعان ما يصل كمون هذه الخلية إلى الصفر، وبالتالي يصبح التيار المار فيها، باعتبارها موصولة على التسلسل، بمثابة تيار شحن لهذه الخلية، بحيث يتشكل ثاني أكسيد الرصاص على الألواح السالبة، والرصاص الإسفنجي على الألواح الموجبة، وبالتالي تنعكس قطبية الخلية الميتة وينخفض توتر البطارية ككل بشكل كبير . ومن هنا نستنتج ضرورة إيقاف تفريغ بطارية إذا وصل توتر أي خلية فيها إلى القيمة الدنيا المسموحة بالنسبة للبطارية وهي حوالي 1,8 فولت لكل خلية تقريباً . ويجب أخذ العلم بأن الفرق الأعظمي المسموح بين توترات خلايا بطارية واحدة تحت التفريغ هو 0,2 فولت .

ويمكن تفادي الوصول إلى حالة الخلية الميتة بالمراقبة الدائمة لكثافة الحمض في كل خلية من خلايا البطارية، ومقارنة القيم الناتجة والتي يجب أن تكون متساوية تقريباً (السماحية هي 10 كغ / م^3) . بالإضافة إلى مراقبة توتر كل خلية بواسطة جهاز البيزوميتر .

1 ـــ 17 ـــ 2 ـــ كبرتة ألواح البطارية

ويمكن أن ينتج هذا العطل عن حدوث تفريغ طويل وعميق للبطارية وتأخر إعادة الشحن، بحيث أن كبريتات الرصاص، المتشكلة على كلا نوعي الألواح، تتحول من بلورات صغيرة، قابلة للتفكك إلى بلورات كبيرة ثابتة، تشكل غطاء على المادة الفعالة مانعة مرور التيار، أو بالأحرى تمنع أو تؤثر سلبياً على حدوث التفاعلات الكيميائية المعتادة، وحسب درجة الكبرتة تنخفض سعة البطارية، ويمكن أن تفقد البطارية سعتها الكاملة إذا لم تجر معالجتها .

كما تنتج الكبرتة عن نقص السائل الكهرليتي . أما علامات إصابة الألواح بهذا العطل فهي :

1ً ــ نقص سعة البطارية .

2ً ــ نقص كثافة السائل الحمضي .

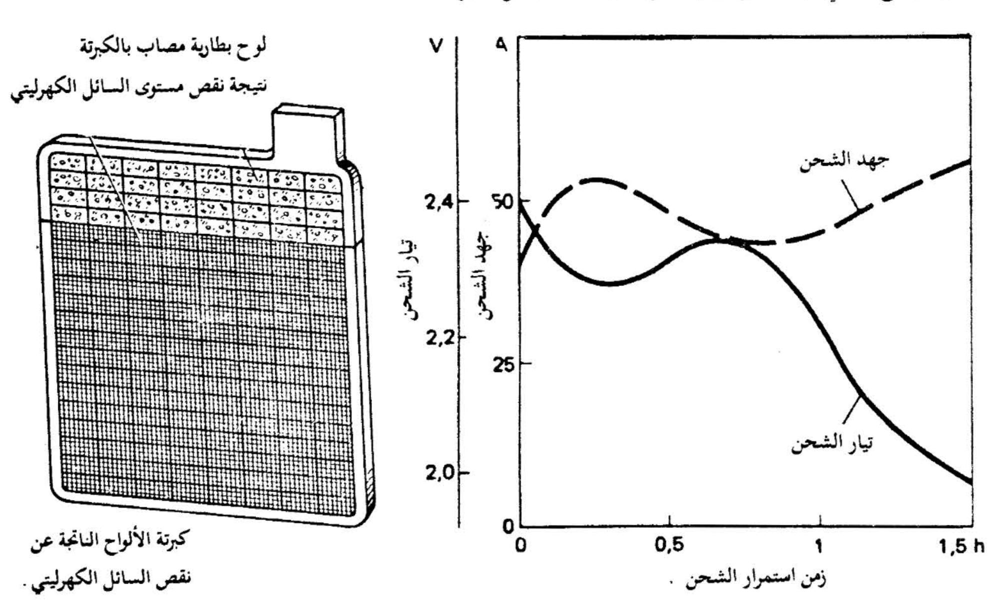
3ً ــ توتر الخلية عالٍ في بداية ونهاية الشحن ويمكن أن يصل إلى 3 فولت . كما هو موضح في المنحني (شكل 64) .

4ً ــ ظهور الغازات أثناء الشحن قبل أوانه .

5ً ــ يظهر لون غير عادي للألواح الموجبة (بني فاتح مع نقاط بيضاء أحياناً) . كما يصبح لون الألواح السالبة رمادياً فاتحاً .

6ً ــ وضع غير عادي للألواح السالبة (زيادة حجم المادة الفعالة مع وجود ترسبات بيضاء عليها) .

7ً ــ تصبح الألواح أشد صلابة وهذا يتضح من الملمس .



(شكل 64)

مظهر عطل الكبرتة في بطارية رصاصية حمضية ومنحني التيار والتوتر لبطارية مصابة بهذا العطل عند الشحن

أما إزالة الكبرتة فيمكن إنجازها بالطرق التالية :

1ً ــ شحن طويل وتيار صغير : وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون التكبرت بدرجة محدودة ، ويتم بملء البطارية بماء مقطر فوق المستوى العادي ونشحن بتيار الشحن العادي حتى تظهر الغازات ، نتوقف لمدة ثلاثين دقيقة ، ثم نعود للشحن بتيار قيمته $\frac{1}{10}$ من التيار السابق ، ويستمر ذلك حتى تتصاعد كمية وافرة من الغازات من كل الخلايا ، نتوقف 20 دقيقة أخرى ، ثم نعود للشحن بنفس التيار ، ويستمر ذلك حتى ترتفع كثافة الحمض ، وقد يستمر هذا العمل عدة أيام .

2ً ــ الشحن بالماء المقطر : تستخدم هذه الطريقة ، عندما تكون الكبرتة شديدة ، لكن ليس **من مدة طويلة ــ** وتتم بإجراء تفريغ للبطارية حتى يصل توتر كل خلية إلى 1,7 فولت ، ثم نستبدل سائلها الحمضي بماء مقطر ، وبعد ساعة من الاستبدال هذا نشحنها بتيار الشحن العادي ، حتى يصل توتر كل خلية إلى 2,3 فولت . وبذلك تكون قد ازدادت كثافة السائل في البطارية ، نتيجة تفكك كبريتات الرصاص المتشكلة على نوعي الألواح ، نتيجة التفريغ إلى مكوناتها (وهي الرصاص الإسفنجي ، وأكسيد الرصاص ، وحمض الكبريت ــ على شكل شاردتين ــ) . وعندما تصل كثافة السائل إلى 1100 ــ 1125 يخفض تيار الشحن إلى $\frac{1}{5}$ من تيار الشحن العادي ، وبعد أن تتصاعد الغازات وتثبت درجة كثافة السائل الكهرليتي ، نوقف الشحن ونجري تفريغاً للبطارية بتيار ، قيمته خمس تيار التفريغ الإسمي (لمعدل عشر ساعات) . ونعيد هذه الدورة حتى ترتفع درجة كثافة السائل إلى القيمة العظمى الممكنة ، بعد ذلك نعدِّل درجة كثافة السائل الكهرليتي حسب درجة حرارة منطقة العمل .

وهناك طرق أخرى كأن نشحن البطارية بتيار الشحن العادي ونفرغها بتيار ضعيف لمدة طويلة مع تكرار هذه الدورات .

أو أن نشحن البطارية بتيارات عالية متكررة لفترات قصيرة ...

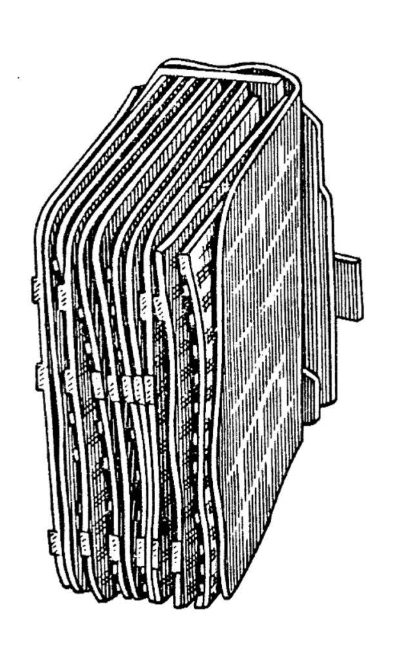
1 ــ 17 ــ 3 ــ حالة قصر بين الألواح

أما الدلائل على مثل هذه الحالة فهي هبوط مستمر في كثافة الحمض ، ضياع سريع لسعة

البطارية بعد الشحن، الحصول على توتر منخفض حتى في حالة اللاحمل للبطارية . ويتم إصلاح الخلية التي تتصف بهذا العطل بإخراج الألواح من العبوة وإزالة أسباب القصر إذا كانت ناتجة عن تراكم الأوساخ أو الأجزاء الساقطة من الألواح، أو نتيجة تلف الألواح العازلة، ثم يتم غسيل الألواح . وإجراء صيانة عليها، إن لزم . و (الشكل 65) يوضح ألواحاً مصابة بعطل الدارة القصيرة .

1 ــ 17 ــ 4 ــ اهتراء وتآكل الهيكل الشبكي في الألواح الموجبة

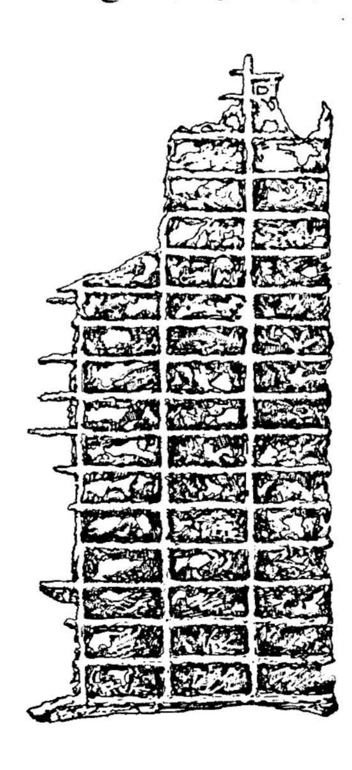
كما رأينا في بحث التفاعلات الكيميائية في البطارية الرصاصية الحمضية، فإن كبريتات الرصاص تتشكل على الألواح الموجبة عند التفريغ، ثم تتفكك ويعود ثاني أكسيد الرصاص للتشكل على هذه الألواح عند الشحن، ونتيجة تكرار هذه العملية بتكرار دورات الشحن والتفريغ في البطارية، ومع الزمن يحدث انفصال جزئي أو عدم التصاق متين بين بعض من جزيئات أكسيد الرصاص والهيكل الشبكي الرصاصي في الألواح الموجبة وتملأ جزيئات السائل الكهرليتي هذا الفراغ . وهذا يعني عملياً نشوء بطاريات موضعية، يمثل الهيكل الشبكي المصنوع من الرصاص القطب السالب، والمادة الفعالة، التي هي ثاني أكسيد الرصاص، القطب الموجب . هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فإن استمرار الشحن الزائد لفترة طويلة وهذا يعني انطلاق غاز الأكسجين عبر الألواح الموجبة وغاز الهيدروجين عبر الألواح السالبة . ووجود غاز الأكسجين، كما هو معروف، يؤدي إلى أكسدة شبكة الألواح الموجبة، ويؤدي هذا أيضاً إلى عملية اهتراء وتآكل يكونان سريعين إذا جرى الشحن الزائد عند درجة حرارة 45°م أو



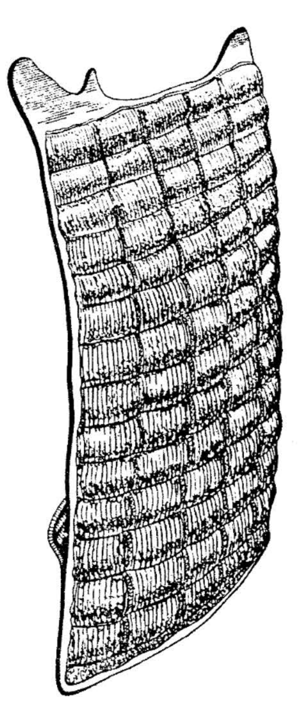
(شكل 65)
ألواح بطارية تعرضت لدارة قصيرة

أعلى . ويمكن بالنظر ملاحظة تغير لون الهيكل الشبكي للألواح الموجبة إلى اللون البني المحروق في الألواح المصابة بمثل هذا العطل (يصبح الهيكل الشبكي هشاً قابلاً للكسر) .

و (الشكل 66) يوضح لوحاً موجباً فيه اهتراء للهيكل الشبكي .



(شكل 66)
صورة لتآكل الهيكل الشبكي في لوح موجب



(شكل 67)
الانتفاخ والتحدب في لوح موجب

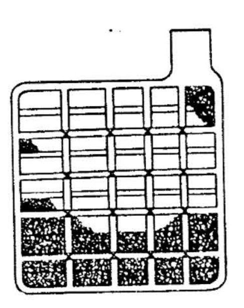
كما يحدث هذا العطل نتيجة تلوث السائل الحمضي بالحموض العضوية (خصوصاً حمض الخل) كذلك تلوثه بالأسس ، وعادة يجري استبدال مثل هذه الألواح مباشرة .

1 ــ 17 ــ 5 ــ انتفاخ وتحدب الألواح

ويحدث ذلك عند تعرض البطارية للعمل في ظروف غير عادية . فالانتفاخ يحدث عند تعرض البطارية للشحن بتيار عالٍ ، أو عند تعرضها لدارة قصيرة ، وارتفاع زائد في درجة حرارة العمل ، كما

يحدث الانتفاخ نتيجة الاهتراء وتحول بناء الهيكل الشبكي من الرصاص إلى ثاني أكسيد الرصاص الذي يأخذ حجماً أكبر .

أما تساقط المادة الفعالة من الألواح الموجبة ، فيعود إلى التغيرات الحجمية للمواد الفعالة عليها وبسبب فقاعات الغاز المنطلقة نتيجة الشحن الزائد ، بالإضافة إلى تعرض البطارية للعمل تحت حرارة عالية ، ويزيد في حدوث التساقط ارتفاع كثافة السائل الكهرليتي ، وارتفاع تيار التفريغ ، بالإضافة إلى وجود شوائب ضمن السائل الكهرليتي .



(شكل 68)
سقوط المادة الفعالة من لوح موجب نتيجة انفصالها عنه

1 ـــ 17 ـــ 6 ـــ التفريغ الذاتي للبطارية الرصاصية الحمضية السائلة

وهذا يزداد بشكل حاد عند ظهور تآكل في الألواح الموجبة ، وبالتالي عدم اتصال جيد بين ثاني أكسيد الرصاص ، الذي هو **المادة الفعالة عليها ،** مع الهيكل الشبكي الرصاصي لنفس الألواح ، وهذا الانفصال **(أو بوجود الفراغات بين هاتين المادتين)** عندما تكون البطارية مشحونة ، يعني تشكل بطارية صغيرة محلية ، تستهلك جزءاً من المواد الفعالة خلالها ، وهذا يعد تفريغاً ذاتياً إضافياً في البطارية .

ونظراً لأن الهيكل الشبكي في الألواح السالبة ، مؤلف في البطاريات العادية من الرصاص والأنتموان ، فإن هذين العنصرين مع السائل الكهرليتي تشكل معاً أيضاً بطارية محلية ، نظراً لوجود فرق كمون (توتر بين هذين العنصرين بوجودهما ضمن السائل الحمضي) . وهي أيضاً تؤدي إلى حدوث تفريغ ذاتي .

كما أن وجود أجسام غريبة معدنية في المواد المركبة منها البطارية تسبب أيضاً تفريغاً ذاتياً ،

وإذا تركت بطارية على الشحن العائم لفترة طويلة دون حدوث تفريغ لنسبة جيدة من سعتها ، فإن كثافة السائل الكهرليتي في أسفل البطارية تكون أعلى منها في أعلاها وينعكس ذلك على أن التوتر بين الألواح في الأسفل أعلى منه في الأعلى ، وهذا بدوره يؤدي إلى حدوث تفريغ ذاتي .

وإن تراكم الأوساخ والرطوبة على سطح البطارية وبين أقطابها ـ خصوصاً البطاريات التي تتألف من عدة خلايا والتوصيلات بين أقطابها ظاهرة ـ يؤدي أيضاً إلى استهلاك قدرة البطارية . وهذا يمكن تجنبه بالمحافظة على سطح البطارية نظيفاً جافاً .

والجدول التالي يلخص الأعطال التي يمكن أن تحدث في البطاريات الرصاصية الحمضية ومظاهر هذه الأعطال وطرق علاجها .

العطل	سبب العطل	العلاج
1 ـ مستوى السائل منخفض جداً	الشحن الزائد ، تبخر خصوصاً في فصل الصيف	إضافة ماء مقطر إلى البطارية بعد الشحن
2 ـ خروج السائل الكهرليتي من فتحات الملء	1 ـ توتر الشحن عالي 2 ـ مستوى السائل مرتفع زيادة	اكشف على الشاحن أو الدينامو والمنظم اسحب السائل فوق المستوى النظامي
3 ـ كثافة السائل الكهرليتي منخفضة جداً	1 ـ البطارية مفرّغة 2 ـ الشاحن ، أو الدينامو خارج العمل 3 ـ تيار قصر في الحمل يؤدي إلى تفريغ دائم 4 ـ السائل الكهرليتي وسخ جداً 5 ـ حدوث قصر في البطارية	1 ـ اشحن البطارية 2 ـ اكشف على تجهيزات الحمل 3 ـ اكشف على تجهيزات الحمل 4 ـ استبدل السائل الكهرليتي 5 ـ أزل الترسبات بغسل البطارية ، اشحن وفرغ بالتيار الإسمي النظامي عدة مرات
4 ـ البطارية لها سعة صغيرة ، أو أن القدرة المستلمة من البطارية ضعيفة	1 ـ عدم فعالية الشاحن أو الدينامو 2 ـ تخلخل التوصيلات 3 ـ زيادة الأحمال المركبة عليها 4 ـ اهتراء الألواح بسبب الخدمة 5 ـ انفصال المادة الفعالة عن الألواح الموجبة	1 ـ افحصه وأجر التعييرات اللازمة 2 ـ ثبت الأسلاك بشكل متين 3 ـ ادرس الحمل وركب بطارية أكبر إن لزم 4 ـ استبدال الألواح المهترئة **5 ـ استبدال الألواح إذا كانت النسبة كبيرة وإلا إضافة 0,5٪ من سلفات هيدروكسيلامين للسائل الحمضي ، مع تعديل كثافة الحمض بعد ذلك**

العطل	سبب العطل	العلاج
	6 ـــ فشل في الحصول على دورة تفاعل	**6 ـــ أجرِ دورة شحن طويلة**
	7 ـــ اتساخ السائل الحمضي	7 ـــ استبدال السائل الحمضي بعد غسل البطارية بشكل جيد بالماء المقطر
	8 ـــ حدوث الكبرتة على الألواح	8 ـــ أجر عملية شحن إزالة الكبرتة
	9 ـــ ضياع في التيار بسبب التفريغ الذاتي الشديد	9 ـــ افحص عازلية جسم البطارية ، حافظ عليه نظيفاً جافاً
	10 ـــ استخدام البطارية في درجة حرارة منخفضة	10 ـــ زيادة كثافة الحمض مفيدة في درجة الحرارة المنخفضة
	11 ـــ مستوى السائل الكهرليتي منخفض بحيث لا يغمر كل الألواح	11 ـــ إضافة ماء مقطر بعد الشحن
5 ـــ حياة أو خدمة البطارية قصيرة جداً	1 ـــ حدوث التفريغ بشكل متكرر وبشكل عميق 2 ـــ ارتفاع درجة حرارة البطارية 3 ـــ زيادة الارتجاج العنيف 4 ـــ احتمال حدوث الكبرتة 5 ـــ السائل الكهرليتي مشوب	1 ـــ استبدل البطارية بأخرى ذات سعة أكبر 2 ـــ تغيير مكان البطارية بآخر أبرد 3 ـــ غيّر مكان وطريقة تثبيت البطارية 4 ـــ أجر عمليات إزالة الكبرتة 5 ـــ استبدل السائل الكهرليتي بعد غسيلها
6 ـــ البطارية لا تحصل على كفاية الشحن	1 ـــ عطل في الشاحن أو الدينامو 2 ـــ التوصيلات ، نقل الحركة في الدينامو غير صحيحة 3 ـــ زيادة الأحمال المربوطة	1 ـــ اكشف العطل وأصلحه 2 ـــ اكشف السبب وأصلحه 3 ـــ استخدم بطارية ذات سعة أكبر ومستلزماتها
7 ـــ زيادة غير عادية في الحرارة عند الشحن	1 ـــ تيار الشحن زائد 2 ـــ حدوث قصر في البطارية 3 ـــ حدوث تكبرت شديد	1 ـــ يجب تعيير تيار الشحن بالقيمة النظامية 2 ـــ أزل سبب القصر إن أمكن 3 ـــ أجرِ عملية شحن إزالة الكبرتة
8 ـــ السائل الكهرليتي له لون غير طبيعي	1 ـــ سقوط أو انفصال المادة الفعالة من الألواح	1 ـــ أزل الترسبات ، اشحن وفرغ بالتيار الإسمي النظامي للشحن عدة مرات
9 ـــ خروج غازات بشكل مسبق وغير عادي عند الشحن	1 ـــ حدوث الكبرتة على الألواح	1 ـــ أجرِ عمليات إزالة الكبرتة
10 ـــ خروج غازات بشكل كبير عند التفريغ	1 ـــ عدم نظافة السائل الكهرليتي	1 ـــ استبدل السائل الكهرليتي بعد غسيل البطارية بالماء المقطر

11 ــ لون غير عادي للألواح وجود نقط بيضاء عليها	1 ــ حدوث الكبرتة 2 ــ اتساخ السائل الحمضي	1 ــ أجر عملية إزالة الكبرتة 2 ــ استبدل السائل الكهرليتي بعد غسيل البطارية

1 ــ 18 ــ سلسلة الاختبارات على البطارية الرصاصية الحمضية

وتجرى هذه الاختبارات في الشركات الصانعة أو تقوم بها الجهة التي تريد شراء كميات معقولة من البطاريات ، وذلك للتأكد من مطابقة قيمها الإسمية على نشراتها للواقع الفعلي .

وهذه الاختبارات مأخوذة من النظام البريطاني فيما يخص هذا الموضوع . ويجب قبل إجراء الاختبارات الستة الأوائل أن نقوم بما يلي :

أ ــ ملء البطارية بالمحلول وشحنها بشكل نظامي .

ب ــ التأكد من مستوى السائل الكهرليتي ، وكثافته (ووزنه النوعي) وضبطهما إن لزم الأمر .

أما الاختبارات فهي :

1 ــ 18 ــ 1 ــ فحص تقبل الشحن

1 ــ 18 ــ 2 ــ فحص السعة المقررة عبر ثلاث دورات شحن ــ تفريغ

1 ــ 18 ــ 3 ــ فحص التفريغ السريع للسعة المقررة بدرجات حرارة منخفضة

1 ــ 18 ــ 4 ــ فحص حفظ الشحنة

1 ــ 18 ــ 5 ــ فحص عمر البطارية ، ويجري هذا الفحص على بطاريتين على الأقل

1 ــ 18 ــ 6 ــ فحص مقاومة الشحن الزائد

1 ــ 18 ــ 7 ــ اختبارات التخزين

1 ــ 18 ــ 8 ــ اختبار الاهتزاز

1 ــ 18 ــ 9 ــ اختبار التحمل الحراري

1 ــ 18 ــ 10 ــ اختبار مقاومة الصندوق للحمض

1 ــ 18 ــ 11 ــ اختبار تحمل الميلان

1 ــ 18 ــ 12 ــ اختبار تحمل العبوة للضغط

1 ــ 18 ــ 13 ــ اختبار العازلية الكهربائية للعبوة

1 ــ 18 ــ 1 ــ اختبار تقبل الشحن : يجرى هذا الاختبار على بطارية جديدة غير مستعملة وغير مشحونة مسبقاً ، أما إذا كانت البطارية مشحونة شحناً جافاً (أي أنها فـرِّغت من المحلول بعد شحنها) ؛ فيجري التحضير الأولي للبطارية عندئـذٍ طبقاً لتعليمات المنتج .

ويتم هذا الاختبار بالخطوات التالية :

1ً ــ تشحن البطارية شحناً كاملاً طبقاً لتعليمات المنتج ، ويقاس بعد ذلك كل من مستوى السائل وكثافته في كل خلية ويعدلا إن لزم الأمر .

2ً ــ يجري تفريغ البطارية على تيار قيمته $0.1C_{20}$ أمبير (أي $\frac{1}{10}$ من التيار الذي لو استمر لمدة عشرين ساعة وصل توتر البطارية إلى قيمة توتر نهاية التفريغ) . وذلك لمدة خمس ساعات .

3ً ــ توضع البطارية بعد ذلك في مكان بارد درجة حرارته (٠ ± 1)°م ، إلى أن تصل درجة حرارة السائل الكهرليتي إلى نفس الدرجة .

4ً ــ تشحن البطارية مع المحافظة على درجة حرارتها (٠ ± 1)°م على جهد ثابت مقداره 2,4 فولت لكل خلية ، (وهذا يعني 7,2 فولت لبطارية 6 فولت أو ثلاث خلايا و 14,4 فولت لبطاريات 12 فولت أو ست خلايا) .

5ً ــ يقاس تيار الشحن بعد 10 دقائق من بدء عملية الشحن ويسجل على أنه دليل تقبل البطارية للشحن .

ويجب أن لا يقل هذا التيار عن $0.2C_{20}$ أمبير .

1 ــ 18 ــ 2 ــ فحص السعة المقررة أو معدل التفريغ البطيء ،أو طريقة تحديد السعة الفعلية :

1ً ــ تشحن البطارية شحناً كاملاً طبقاً لتوصيات المنتج ، ثم يقاس كل من كثافة ومستوى السائل الكهرليتي ، في كل الخلايا ويعدلا إن لزم الأمر .

2ً ــ بعد فترة زمنية تتراوح من 2 — 8 ساعات من نهاية الشحن ، تفرغ البطارية على تيار شدّته $0.05C_{20}$ أمبير ، وبشكل مستمر ، دون السماح لدرجة حرارة المحلول بتجاوز القيمة ما بين 18 — 27°م خلال عملية الفحص . ويستمر التفريغ إلى أن يصل توتر الخلية الواحدة إلى القيمة 1,75 فولت وهي قيمة توتر نهاية التفريغ بشكل عام .

نلاحظ ونسجل وعلى فترات زمنية مناسبة أثناء عملية التفريغ كلاً من القيم التالية :

أ ــ جهد طرفي كل بطارية وجهد الخلايا منفردة .

ب ــ تيار التفريغ .

ج ــ درجة حرارة المحلول .

بينما يسجل التوتر كل نصف ساعة ، عندما يصل توتر الخلية الواحدة إلى 1,9 فولت .

وبينما يسجل التوتر كل 15 دقيقة ، عندما يصل توتر الخلية الواحدة إلى 1,8 فولت .

3ً ــ بعد ذلك يحسب زمن التفريغ ، وهو الزمن الذي استغرقه تفريغ البطارية من بداية التفريغ وحتى وصول توتر كل خلية إلى 1.75 فولت ، وذلك عند درجة الحرارة المذكورة سابقاً .

وذلك بأخذ درجة الحرارة المتوسطة كما يلي :

$$\text{درجة الحرارة المتوسطة خلال التفريغ} = \frac{\text{درجة الحرارة الابتدائية} + \text{درجة الحرارة النهائية}}{2}$$

4ً ــ أما السعة عند تلك الدرجة فتحسب : الزمن الذي استمر فيه التفريغ حتى الوصول إلى قيمة توتر نهاية التفريغ ، مضروباً بتيار التفريغ وهو $0.5C_{20}$.

وهذه السعة هي السعة عند تلك الدرجة ولتكن t_1 وفي حالة الاضطرار لحساب سعة البطارية عند درجة حرارة أخرى t_2 يمكن استخدام العلاقة

$$C_{t_2} = \frac{C_{t_1}}{1 + 0.01\,(t_1 - t_2)}$$

5ً ــ إذا أعطت النتائج قيمة لسعة البطارية أقل من السعة الإسمية نعيد عملية الشحن والتفريغ كما في الفقرات السابقة ، وتحسب السعة مرة ثانية .

6ً ــ ويعاد حساب السعة مرة ثالثة وأخيرة إذا لم تصل السعة المحسوبة بهذا الاختبار إلى القيمة المقررة من المرة الثانية . وإذا كانت النتيجة سلبية أيضاً ترفض البطارية .

1 ــ 18 ــ 3 ــ فحص التفريغ السريع للسعة المقررة للبطارية (مقدرة البطارية على التشغيل أو على بدء الحركة) وذلك عند درجات حرارة منخفضة . ويتم هذا الاختبار عبر الخطوات التالية :

1ً ــ تؤخذ البطارية التي اجتازت فحص السعة المقررة بعد اجتيازها ذلك الفحص مباشرة ، ثم يعاد شحنها بشكل كامل ونظامي .

2ً ـــ تقاس كثافة السائل الكهرليتي ومستوى السائل في كل خلية ويعـدّلا إن لزم الأمر .

3ً ـــ يتم حفظ البطارية لمدة 24 ساعة على الأقل في مكان بارد بحيث تصبح درجة حرارة السائل الكهرليتي (∴ ± 1)°م .

4ً ـــ يجب أن تبقى درجة حرارة السائل الكهرليتي بالحدود (∴ ± 2)°م لمدة ساعة على الأقل قبل إجراء الاختبار .

5ً ـــ يجري تفريغ البطارية بعد ذلك على تيار ثابت مقداره $3C_{20}$ أمبير بشكل مستمر لمدة أربع دقائق على الأقل ، ويقاس بعدها توتر أطراف البطارية .

6ً ـــ تلاحظ وتسجل قيم جهد أطراف البطارية أثناء التفريغ ، بحيث تؤخذ القراءة الأولى للجهد بعد فترة تتراوح من 5 ـــ 7 ثوانٍ من بدء التفريغ ، أما القراءات التالية لذلك ، فتؤخذ على فترات زمنية مناسبة ويجب أن لا يهبط الجهد دون القيمة 1,5 فولت لكل خلية بعد خمس إلى سبع ثوانٍ من بدء التفريغ ، ودون القيمة 1,15 فولت لكل خلية بعد انتهاء فترة التفريغ . والبطارية التي تعطي قيماً أقل من ذلك تكون غير صالحة .

7ً ـــ أما بالنسبة للبطاريات المشحونة والمفـرّغة من السائل الكهرليتي ، فتملأ بالسائـل النظامي ، ويجرى عليها اختبار امتلاكها للسعة المقررة ، ثم يجرى عليها فحص اختبار التفريغ السريع .

8ً ـــ تكرر الفقرتين 5 ـــ 6 **إنما عند درجة حرارة (40±3)°م ، وفي** هذه الحالة يجب أن يستمر تفريغ البطارية على تيار مقدار $3C_{20}$ بعد انتهاء فترة التفريغ هذه (أربع دقائـق كحـد أدنى) .

1 ـــ 18 ـــ 4 ـــ فحص حفظ الشحنة أو تحديد (فقدان السعة أثناء التخزين) : وتخضع البطارية التي اجتازت الاختبارات السابقة لهذا الفحص وخطواته كما يلي :

1ً ـــ يعاد شحن البطارية بصورة كاملة ، وبالطريقة التي تشير إليها الشركة الصانعة . ثم يقاس كل من كثافة السائل الكهرليتي ومستواه في الخلايا ويعدلا إن لزم الأمر .

2ً ـــ ثم تعرض البطارية لفحصين متتاليين من اختبار امتلاك السعة المقررة وتسمى السعة المحصلة عن هذين الفحصين بالسعة الابتدائية ـ C_1 .

3ً ـــ ثم يعاد شحن البطارية أصولاً أيضاً وينظف سطحها وتخزن لمدة أربعة عشر يوماً بدرجة حرارة(20 ± 5)°م على أن تترك البطارية دون تحريك خلال هذه الفترة .

4ً ـــ ثم نثبت درجة الحرارة على الدرجة 25°م ، ونخضع البطارية لفحص حساب السعة المقررة كما في البند 1ـــ18ـــ2 ولتكن السعة الناتجة C_2 ويحسب فقد السعة بالعلاقة :

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100$$

1 ـــ 18 ـــ 5 ـــ فحص عمر البطارية

يجري فحص العمر على بطاريتين على الأقل تكونان قد اجتازتا الاختبارات السابقة ، ويتم هذا الفحص عبر الخطوات التالية :

1ً ـــ نشحن البطارية بصورة كاملة بالشكل النظامي ، ثم يقاس كل من مستوى وكثافة السائل الكهرليتي في كل الخلايا ويعدلا إن لزم الأمر .

2ً ـــ توصل البطاريات بعد ذلك بجهاز يستطيع القيام بعدة دورات من التفريغ والشحن بشكل آلي . بحيث يكون التفريغ على تيار $0.4C_{20}$ لمدة ساعة واحدة في حين يكون الشحن بتيار $0.1C_{20}$ ويستمر لمدة خمس ساعات . مع المحافظة على مستوى السائل ودرجة حرارة بحدود (40 ± 3)°م ويفضل من أجل ذلك وضع البطارية في حوض ماء .

3ً ـــ يتم فصل الجهاز بعد أربعة وعشرين دورة شحن تفريغ كما في الفقرة **2ً** .

4 ـــ ثم يجري اختبار تحديد السعة الفعلية للبطارية ، وذلك بالتفريغ البطيء على معدل تيار عشرين ساعة . وتحسب السعة الناتجة . فإذا كانت النتيجة أقل من $0.7C_{20}$ أمبير ساعة ترفض البطارية .

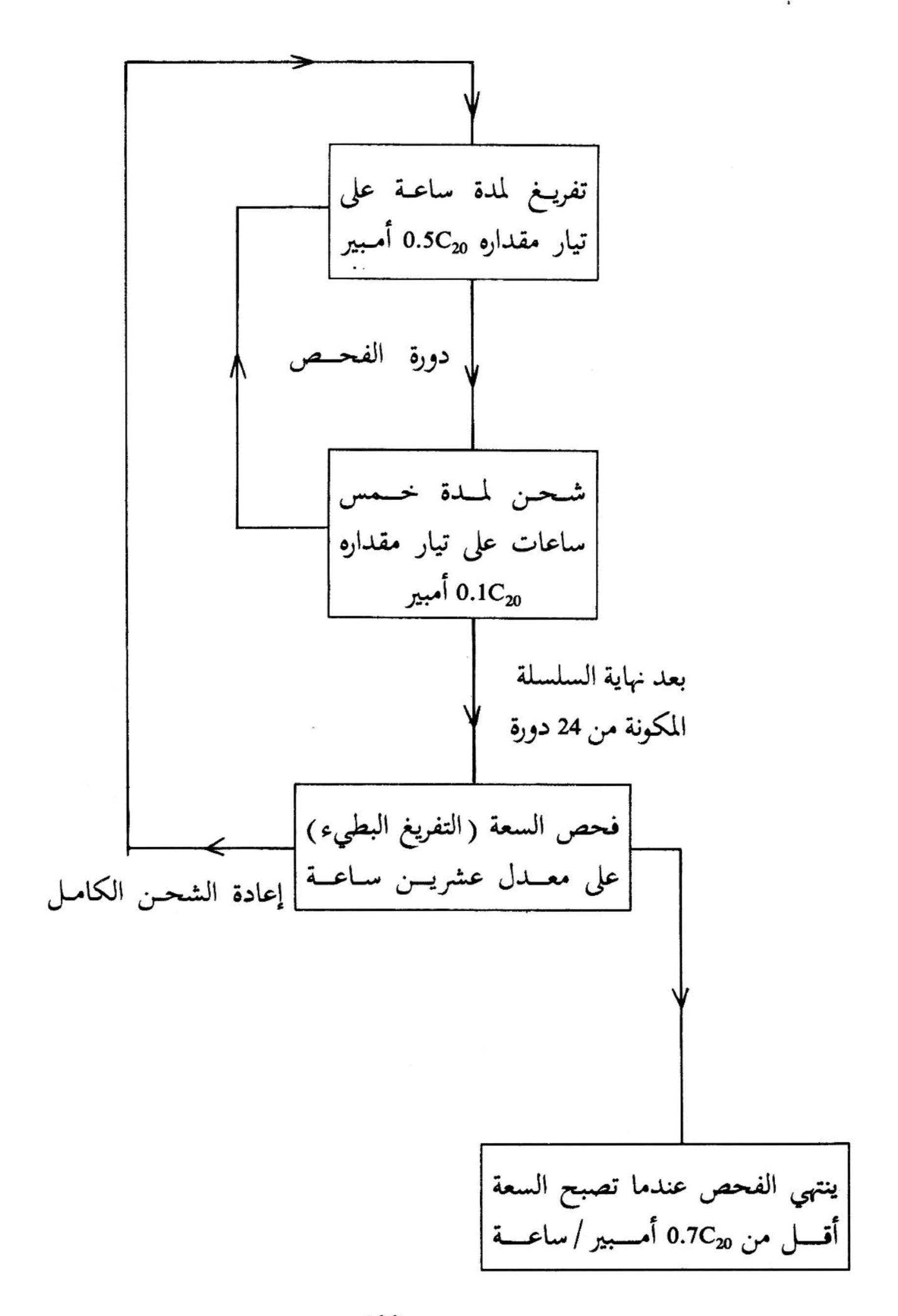
5ً ـــ **تشحن البطاريات التي تجتاز** اختبار **فحص السعة من الفقرة 4ً ويعاد ربطها إلى نفس** الجهاز مرة أخرى ، وتعرّض لسلسلة أخرى من دورات الشحن والتفريغ .

6ً ـــ **تعاد الفقرة 4ً.**

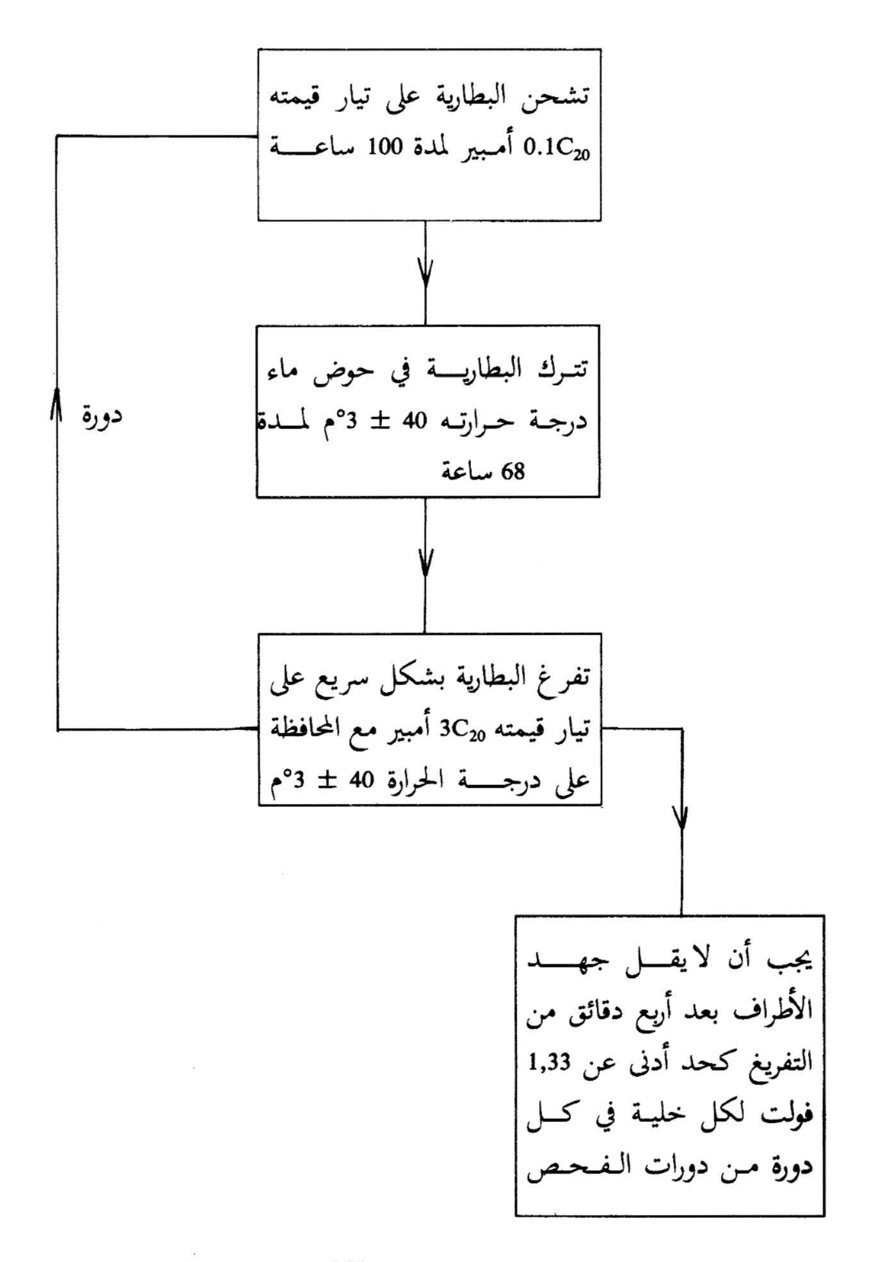
7ً ـــ يجب أن تتحمل البطارية الجيدة سبع سلاسل أو 175 دورة على الأقل من دورات الشحن والتفريغ قبل أن تقل سعتها عن $0.7C_{20}$.

1 ـــ 18 ـــ 6 ـــ فحص مقاومة الشحن الزائد : يجري هذا الفحص على البطارية الموضوعة في الخدمة والتي اجتازت بنجاح الفحوصات : 1ـــ18ـــ1 ، 1ـــ18ـــ2 ، 1ـــ18ـــ3 .

مخطط صندوقي توضيحي لخطوات فحص عمر البطارية



مخطط صندوقي توضيحي لخطوات فحص مقاومة الشحن الزائد



ويتم عبر الخطوات التالية :

1ً ــ تشحن البطارية باستمرار بتيار شحن قيمته $0.1C_{20}$ أمبير لمدة مئة ساعة ، بحيث تثبت درجة حرارة البطارية في الحدود (40 ± 3)°م ، وذلك بوضعها في حوض ماء على أن لا يزيد ارتفاع عبوة البطارية عن سطح ماء الحوض عن 25مم ، وأن تكون المسافة بين سطوح البطاريات 25مم كحد أدنى .

وخلال عملية الشحن يجري الحفاظ على مستوى السائل الكهرليتي ، بإضافة ما يلزم من الماء المقطر .

2ً ــ بعد انتهاء مدة الشحن هذه (100 ساعة) يفصل الشاحن وتترك مع المحافظة على درجة الحرارة نفسها لمدة 68 ساعة .

3ً ــ تعرض البطارية بعد انتهاء الـ 68 ساعة مباشرة إلى تفريغ سريع على تيار مقداره $3C_{20}$ أمبير وبدرجة الحرارة نفسها ؛ أي (40 ± 3)°م ، إلى أن يصل توتر الخلية الواحدة إلى 1,33 فولت . ويقاس زمن التفريغ ويسجل ويجب أن لا يقل عن أربع دقائق .

4ً ــ عند انتهاء عملية التفريغ السريع تكون البطارية قد اجتازت دورة شحن زائد واحدة ، تعرض بعدها البطارية لدورة شحن زائد أخرى .

5ً ــ ينتهي الفحص في نهاية الدورة السابعة من دورات الشحن الزائد ، وبما أن تيار الشحن هو $0.1C_{20}$. ويستمر لمدة 100 ساعة ويتكرر سبع مرات ، فإن البطارية تكون قد تعرضت لسعة شحن مقدارها $70C_{20}$ في نهاية الاختبار .

1 ــ 18 ــ 7 ــ اختبارات التخزين : تجري هذه الاختبارات على البطارية المخزونة في الظروف المحددة من قبل الشركة الصانعة . (وهي عادة : محيط درجة حرارته 20 ± 10°م ورطوبة نسبية لا تزيد عن 85٪) .

ويجري الاختبار حسب الخطوات التالية :

1ً ــ بعد انتهاء مدة التخزين حسب رأي الشركة الصانعة وضمن الشروط المطلوبة .

2ً ــ تشحن البطارية أصولاً حسب تعليمات الشركة الصانعة شحناً كاملاً .

3ً ــ تضبط درجة حرارة السائل الكهرليتي بحيث تكون بين 18 ــ 27°م ثم يجرى على البطارية فحص اختبار السعة المقررة (تحديد السعة الفعلية كما في البند 1ــ18ــ2) .

والنتيجة يجب أن لا تقل عن 80٪ من السعة المقررة للبطارية .

1 ـــ 18 ـــ 8 ـــ اختبار الاهتزاز : حيث تثبت البطارية ـــ بعد أن تشحن شحناً كاملاً ـــ على جهاز هـزّاز ذي حركة جيبية بسيطة ، المطال الأعظمي هو 5مم وبتردد 10 دورة / ثانية . يدار الجهاز لمدة ساعة مع تفريغ البطارية خلال هذه الساعة على تيار شدتـه $0.05C_{20}$ أمـبير ، حيث يسجل جهد البطارية أثناء الاختبار وذلك على فترات زمنية مناسبة .

يلاحظ ويسجل أثناء الاختبار أي تناثر للسائل الكهرليتي خارج البطارية . تفتح البطارية بعد انتهاء الاختبار للتأكد من سلامة التوصيلات والألواح والعوازل وعدم وجود رواسب بشكل زائد .

1 ـــ 18 ـــ 9 ـــ الاختبار الحراري: تحفظ البطارية المشحونة شحناً كاملاً ومملوءة بالسائل الكهرليتي في حيّـز درجة حرارته ·:·°م ولمدة 24 ساعة .

بعد نصف ساعة من إخراجها من ذلك الحيّـز تحفظ في مكان آخر درجة حرارته 50°م ولمدة 24 ساعة أخرى ، أو في مكان درجة حرارته 60°م لمدة عشر ساعات .

يفحص الصندوق بعد ذلك بالعين المجردة أو بأي جهاز مناسب آخر لملاحظة أي تسرب للمحلول أو أي تشققات أو طراوة ، أو انبعاج في الصندوق .

1 ـــ 18 ـــ 10 ـــ اختبار مقاومة الصندوق للحمض : ويجري حسب الخطوات التالية :

1 ـــ يوزن صندوق (عبوة) البطارية ثم يملأ بسائل كهرليتي كثافته 1380 كغ / م^3 .

2ً ـــ يوضع الصندوق بعد ذلك في فرن درجة حرارته 38°م لمدة سبعة أيام .

3ً ـــ في نهاية هذه المدة يفرغ الصندوق من السائل ويوزن مرة أخرى .

4ً ـــ يحسب الفرق في وزن الصندوق على أساس $\frac{\text{غ}}{\text{سم}^2}$ من مساحة الأسطح الملامسة للسائل الحمضي ، ويجب أن لا يزيد هذا الفرق عن 0.001 ± غ / سم^2 .

1 ـــ 18 ـــ 11 ـــ اختبار تحمل العبوة للضغط : يستخدم جهاز مناسب لرفع الضغط داخل خلايا البطارية بمقدار 0.2 كغ / سم^2 وذلك فوق الضغط الجوي لمدة 15ثانية .

يلاحظ ويسجل وجود أو عدم وجود رشح أو تسرب للمحلول من لحامات أو خلايا البطارية .

1 ــ 18 ــ 12 ــ اختبار تحمل الميلان : تمال البطارية بزاوية 45° لمدة خمس دقائق على كل من الوجهين العريضين للبطارية .

يلاحظ أثناء ذلك وجود أو عدم وجود تسرب أو رشح للمحلول من خلايا أو لحامات البطارية .

1 ــ 18 ــ 13 ــ اختبار العازلية الكهربائية للعبوة : حيث يوضع لوحان معدنيان على جانبي جدار البطارية ، ثم على جانبي كل فاصل بين خليتين من بطارية واحدة ويطبق توتر مقداره 1,5 كيلوفولت لكل ميلليمتر من سماكة الجدران أو الفواصل بين الخلايا . على أن لا يقل التوتر المطبق على الجدران عن 10 كيلوفولت . (الشكلان 21ــ22) **ويجب عدم ظهور تفسخات أو شقوق على** الجدران أو الفواصل .

الفصل الثالث

البطاريات القلوية

1 ـــ البطاريات القلوية

إنها كالبطارية الرصاصية الحمضية ، من حيث العمل ، فهي تختزن القدرة الكهربائية داخلها على شكل قدرة كيميائية ، ثم تعطينا هذه القدرة مرة أخرى على شكل قدرة كهربائية ، ويمكن تكرار عملية خزن وإعطاء القدرة الكهربائية ، والتي يعبر عنها أيضاً بعملية شحن وتفريغ البطارية أو ما يسمى دورات شحن وتفريغ البطارية ، عدداً من المرات يتناسب مع جودة البطارية ونوعها ودرجة التفريغ (عمقه) .

ولا يختلف التركيب العام لهذه البطارية من حيث الأجزاء الرئيسية عن البطارية الرصاصية الحمضية ، فهي تحوي ألواحاً موجبة وأخرى سالبة ، ومعزولة عن بعضها بواسطة عوازل خاصة ، وكل ذلك ضمن عبوة متينة لا تتأثر بالقلويات ، ويمكن أن تكون فولاذية ، أو من مادة بلاستيكية متينة ويحظى النوع الشفاف بانتشار واسع حالياً . وهذه العبوة يمكن أن تكون لبطارية مكونة من خلية واحدة أو من عدة خلايا ، كل خلية مستقلة تماماً عن الخلايا الأخرى من حيث الألواح والسائل الكهرليتي ، لكنها متصلة كهربائياً معها عبر الموصلات بين الأقطاب ، بحيث يكون للبطارية توتر نهائي ، وهذه التوصيلات يمكن أن تكون ظاهرة ، عندها يكون لكل خلية غطاء علوي مستقل ،

يحوي ثلاث فتحات، الوسطى لملء الخلية بالسائل الكهرليتي، والجانبيتين لقطبي الخلية الموجب والسالب. أو تحت غطاء سطح البطارية الوحيد لكل الخلايا، وبهذه الحالة يحتوي هذا الغطاء على فتحات ملء، يساوي عددها عدد الخلايا في البطارية الواحدة، بالإضافة إلى فتحتي القطبين النهائيين للبطارية. وعادة يفضل أن تكون أغطية فتحات ملء السائل الكهرليتي من النوع الكبس، بدلاً من البرم. إضافة إلى أنها غير قابلة للاحتراق ومانعة لدخول اللهب إلى داخل البطارية، وأن تسمح للغازات فقط ـــ قدر الإمكان ـــ بالخروج من العبوة.

أما السائل الكهرليتي فهو ذو طبيعة قلوية وهو عبارة عن الماء المقطر وماءات البوتاسيوم KOH، ومن هنا جاءت تسمية البطاريات القلوية.

ويمكن للبطاريات القلوية أن تزود مختلف التجهيزات الكهربائية بالقدرة التي تختزنها على شكل تيار وتوتر مستمرين، ويختلف زمن احتياج هذه التجهيزات للبطاريات حسب طبيعة عمل هذه التجهيزات. ففي المساعدات الملاحية (الأجهزة الإلكترونية ـــ غالباً ـــ التي تساعد الطائرات في تحديد المكان والاتجاه والهبوط ...) يتوجب أن تقوم البطاريات بالتغذية لمدة 72 ساعة، لكن الاستطاعة المسحوبة من البطارية ضمن هذه الفترة محدودة نسبياً، بينما في أجهزة التغذية الاحتياطية بالقدرة الكهربائية، فإن مقدار القدرة المسحوبة من البطاريات تكون كبيرة إنما لفترة محدودة.

وهذا يستدعي اختلافات في مواصفات تصنيع البطاريات من حيث نوع الاستخدام كما يلي:

ـــ بطاريات عالية التيار ويرمز لها عند أغلب الشركات الصانعة بالحرف H

ـــ بطاريات متوسطة التيار ويرمز لها عند أغلب الشركات الصانعة بالحرف M

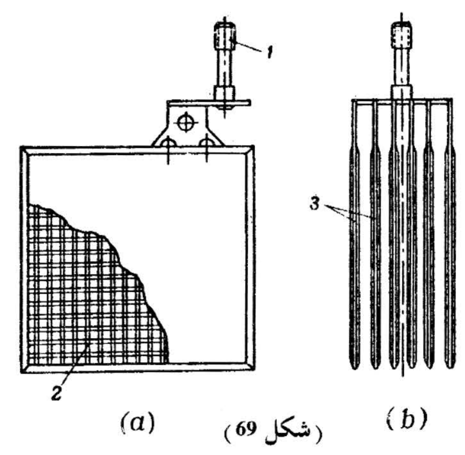
ـــ بطاريات صغيرة التيار ويرمز لها عند أغلب الشركات الصانعة بالحرف L

حيث تكون الألواح رقيقة وكبيرة المساحة بالنسبة لبطاريات نوع H، لذلك تسمح بإعطاء تيار كبير لزمن قصير ـــ كذلك تكون التوصيلات بين الأقطاب بمقاطع تسمح بمرور تيارات عالية. بينما تكون الألواح سميكة وكبيرة في البطاريات L التي يطلب منها تيار صغير، لكن لفترة طويلة. أما النوع المتوسط M فهو يحمل بعضاً من مواصفات هذه، وبعضاً من مواصفات تلك.

والتفسير كما هو الحال في البطارية الرصاصية الحمضية . حيث كلما كان التيار المسحوب كبيراً ، كان التفاعل على سطح الألواح دون أن تشارك المواد الفعالة الموجودة في عمق الألواح في هذه التفاعلات ، لذلك تصنع الألواح لبطاريات H ، بحيث تكون رقيقة وذات مساحات واسعة ، وبذلك تشارك كل المادة الفعالة للألواح في التفاعلات التي تعطي القدرة الكهربائية . أما عندما تكون التيارات صغيرة ودائمة ، فيمكن أن تتغلغل التفاعلات إلى عمق الألواح تباعاً ، لذلك تصنع الألواح في هذه الحالة سميكة وكبيرة .

1 ــ 1 ــ ألواح البطارية القلوية

يمكن أن نحصل على بطاريات الجيب المطوق أو الجيب المفتوح حسب طريقة احتواء هذه الألواح للمادة الفعالة . حيث تكون المادة الفعالة للألواح في الحالة الأولى ضمن ظرف معدني مثقب ، أو بمعنى آخر تكون المواد الفعالة للألواح ممسوكة بين شرائح مثقبة من الفولاذ . وهذه الشرائح مجمعة ومضغوطة ضمن إطار فولاذي . ومن أجل متانة ميكانيكية أكبر ومقاومة داخلية أصغر يفضل أن يتم لحام هذه الشرائح مع بعضها ، بدلاً من ضغطها ، وفي هذه الحالة ليس هناك ثمة احتمال لأعطال ميكانيكية داخل مثل هذه البطاريات . كما في (الشكل 69) .

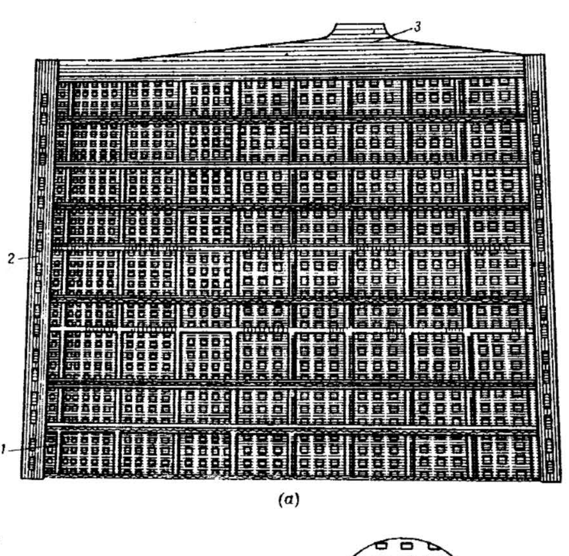


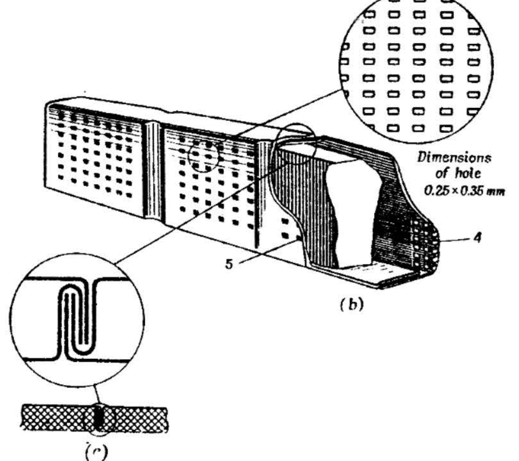
(شكل 69)

الألواح نوع الجيب المفتوح في البطارية القلوية :

a ــ مقطع في مسقط أمامي b منظر جانبي للألواح .

1 ــ القطب 2 ــ الهيكل الشبكي من الفولاذ المضغوط 3 ــ الألواح





(شكل 70)

ألواح بطارية قلوية ذات الجيب المطوق

a ـــ لوح لخلية قلوية

b ـــ تركيب الجيب المطوق لخلية

c ـــ جوان القفل (الأحكام) للعنصر الجيبي :

1 ـــ العنصر الجيبي

2 ـــ الضلع الجانبي للوح

3 ـــ مساحة الربط والتوصيل الكهربائي للوح (مع الألواح الأخرى من نفس النوع)

4 ـــ ظرف أو عبوة العنصر الجيبي

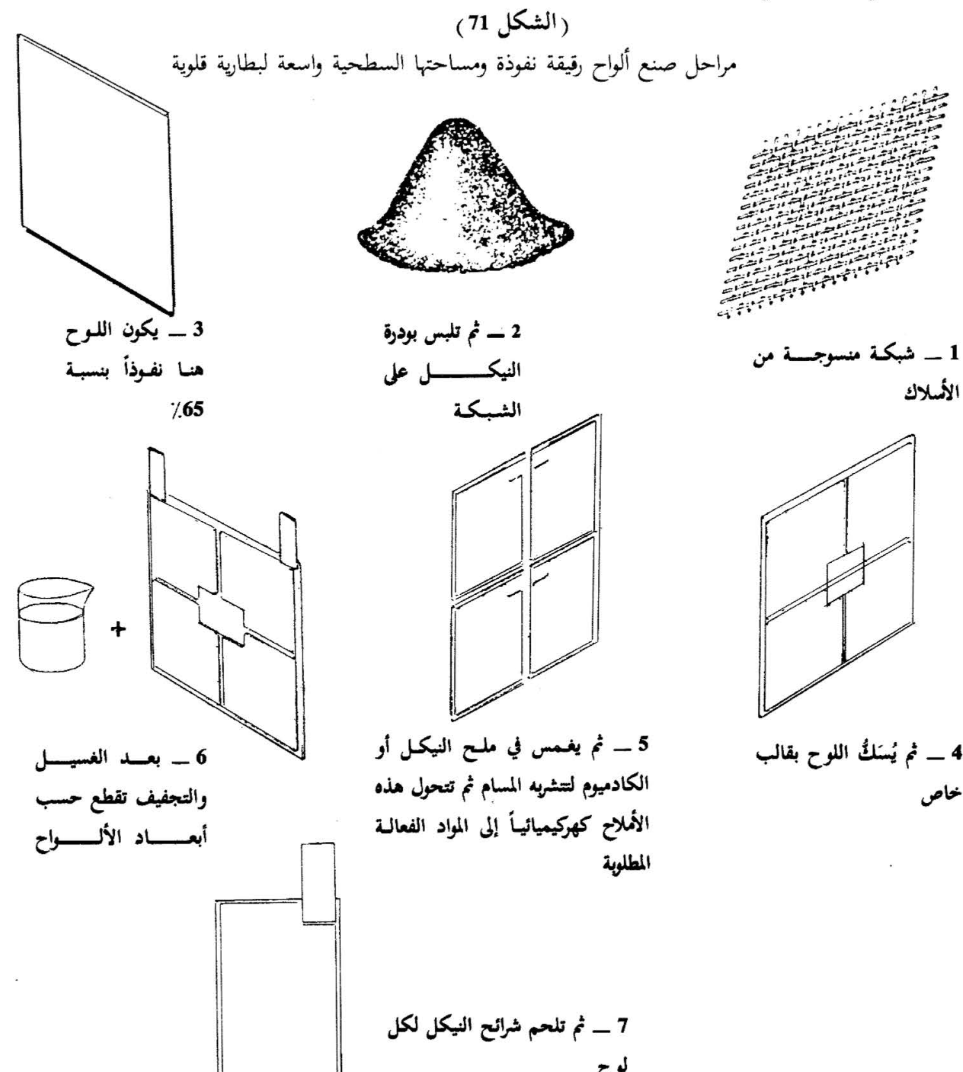
5 ـــ المادة الفعالة

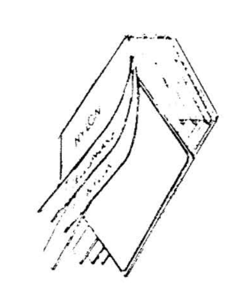
كما أن هناك ألواحاً رقيقة ذات نفوذية عالية ومساحات سطحية واسعة تصنع بطريقة التسخين لدرجات حرارة عالية ، ضمن جو مرجع كيميائياً ، لمادة كاربونيل بودرة النيكل Carbonyl nickelpowder ، التي تحيط بشبكة من الأسلاك الفولاذية ، وبذلك يتشكل لوح رقيق عالي النفاذية ، وذو مساحة سطحية واسعة ، عندما يشرب بالمواد الفعالة ، حيث يغمس اللوح الناتج بملح النيكل Nikel Salt بالنسبة للألواح الموجبة ، وبملح الكادميوم بالنسبة للألواح السالبة ،

وهذه تتحول بدورها إلى ماءات النيكل Nickel Hydroxide ، وماءات الكادميوم Cadmium Hydroxide وهما الشكلان الفعّالان لهذه المواد في بطارية نيكل كادميوم القلوية . بعد ذلك يمسح اللوح وينظَّف ، ويجفف ثم يقطع حسب الأبعاد المطلوبة المناسبة للبطارية المراد صنعها . وحتى بعد هذه المعالجة تبقى نفوذية هذه الألواح عالية ، بحيث تسمح بامتصاص كمية كبيرة من السائل الكهرليتي ، بالإضافة إلى أنها تعرض حجماً أكبر من المادة الفعالة وبشكل مباشر إلى السائل الكهرليتي . وفيما يلي توضيحاً بالأشكال لهذه الخطوات .

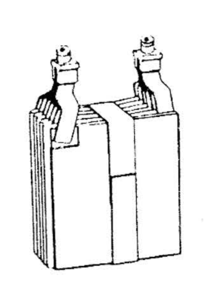
(الشكل 71)

مراحل صنع ألواح رقيقة نفوذة ومساحتها السطحية واسعة لبطارية قلوية

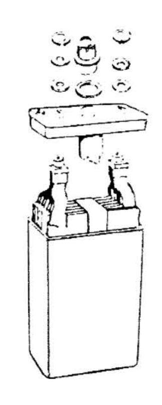


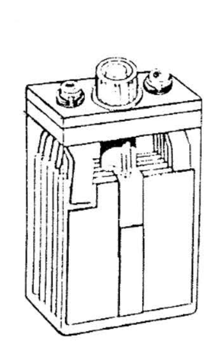


8 ــ ثم ترتب الألواح بحيث يتوضع عازل (نايلون سيلوفان نايلـــون) بين كل لوحين مختلفين



9 ــ ثم يجهز قطبا البطارية بلحام شرائح كل مجموعة ألواح مع بعضها





1 ــ 2 ــ العوازل

إن دور العوازل في البطاريات القلوية هو نفسه في البطاريات الرصاصية الحمضية . ويمكن أن يصنع من ألواح تسمح بحركة الأيونات ، بينما تمنع التماس الميكانيكي بين الألواح الموجبة أو السالبة . كما يمكن أن تشكل العوازل من ثلاث طبقات رقيقة ، **نسيج نايلون** ــ سيلوفان Cellophane ــ (وهو مادة رقيقة شبيهة بالورق شفافة) ــ **نسيج نايلون آخر . وهذا** العازل بطبقاته الثلاث يحول دون التماس المباشر بين الألواح ، ويسمح بسهولة بمرور الأيونات (الشوارد) تبادلياً بين الألواح والسائل الكهرليتي ــ وعادة تكون أبعاد العوازل أكبر من أبعاد الألواح وذلك لضمان العزل ــ ويقوم السيلوفان بدور غشاء حاجز ، يمنع الأكسجين المتشكل على الألواح الموجبة من الوصول إلى الألواح السالبة ، لأنه لو وصل إليها ؛ فإنه سيتحد مرة أخرى مع الكادميوم (في حالة بطارية قلوية نوع نيكل كادميوم) ويولد حرارة مضرة .

1 ــ 3 ــ السائل الكهرليتي

وهو مؤلف من الماء المقطر (حوالي 70٪) وماءات البوتاسيوم (حوالي 30٪) وتكون الكثافة في البطارية ، التي هي تحت العمل ضمن المجال 1180 ــ 1320 كغ / م^3 وعمل السائل الكهرليتي في البطارية القلوية هو تقديم وسط ناقل كهربائي تنتقل فيه الشوارد (وهي عناصر مشحونة) بين الألواح الموجبة والسالبة والسائل الكهرليتي .

ولا تدل كثافة السائل الكهرليتي في البطارية القلوية على درجة شحن البطارية ، إذ لا تتأثر إلا

بشكل طفيف مع تغير درجة الشحن، لذلك فإن استخدام الهيدروميتر لمعرفة درجة شحن البطارية القلوية مسألة خاطئة.

وقد تناولنا في الفقرة 1—4—2 المواصفات المطلوبة للماء المقطر وسنتعرض تفصيلياً الآن لماءات البوتاسيوم:

لا تتواجد ماءات البوتاسيوم في حالتها الجافة إلا على شكل بلورات صلبة، تنحل في الماء بسهولة مع إطلاق حرارة عند الانحلال. ويمكن توفرها تجارياً بدرجة نقاء تصل إلى 88 ÷ 96٪. والسائل المحضر بكثافة عالية يعتبر خطراً (حارقاً للجلد). لذلك يجب أخذ الحيطة عند التعامل معه. وعادة تنقل ماءات البوتاسيوم الجافة بعبوات فولاذية مختومة تماماً، بحيث لا يمكن دخول الهواء أو الرطوبة إليها.

ويجري اختبار ماءات البوتاسيوم قبل استخدامها للكشف فيما إذا كانت تحوي أكسيد الكربون أو الكلور، أو الكبريتات.

وعند أخذ أية عينة يجب بذل الاهتمام بحيث يتم ذلك بسرعة، دون تعريض العبوة إلى الجو الخارجي قدر الإمكان.

ومن أجل تحضير السائل الكهرليتي القلوي هذا يجب عدم استخدام أوعية فولاذية فيها لحامات أو من حديد الصب، خوفاً من تفاعله معها، كذلك لا نستخدم أوعية زجاجية، خوفاً من انكسارها نتيجة ارتفاع حرارة المحلول (حدوث صدمة حرارية)، ولا يسمح مطلقاً باستخدام مواد مغلّفة، قصدير، ألمنيوم، نحاس، رصاص ....

كما يجب تجنب استخدام الأوعية المستخدمة لتحضير ما يخص البطاريات الرصاصية الحمضية في تحضير مستلزمات البطارية القلوية.

وعند فتح عبوة جديدة يجب حل كل الكمية الموجودة فيها، لأن ترك بقية من ماءات البوتاسيوم الصلبة في العبوة، يؤدي لتعرضها للهواء، وبالتالي امتصاصها لثاني أكسيد الكربون منه. ونتيجة لذلك يحدث تفاعل تتشكل نتيجته كربونات البوتاسيوم K_2CO_3، وهي مادة غير مرغوب بها إطلاقاً في السائل الكهرليتي، بل يعتبر وجودها بنسبة معينة، في سائل بطارية قلوية سبباً في الاضطرار لاستبدال هذا السائل الكهرليتي. وعادة يضاف نسبة معينة من ماءات الليثيوم إلى السائل الكهرليتي القلوي، عملها منع أية تغيرات في بناء المواد الفعالة للألواح الموجبة عند العمل

تحت درجات حرارة عالية وتتراوح النسبة المضافة هذه بين 10 إلى 20 غ لكل ليتر ماءات بوتاسيوم عند الدرجة 15°م . وعند العمل في درجات حرارة منخفضة ـــ 20°م ، فإنه لا لزوم لإضافة أية نسبة من ماءات الليثيوم هذه ، ويجب رفع درجة كثافة السائل الكهرليتي عند العمل في درجات حرارة منخفضة ، وتخفيضها عند العمل في درجات حرارة مرتفعة ، كما هو الحال في البطارية الرصاصية الحمضية .

نوع السائل الكهرليتي	كثافته عند 20°م	الكمية اللازمة من الماء المقطر	
		لكل 1 كغ من القلوي الصلب	لكل 1 ليتر من السائل القلوي ذي كثافة 1.410 كغ / $م^3$
مزيج بوتاسيوم ليثيوم	1150—1210	3	1
بوتاسيوم ليثيوم لفصل الشتاء	1250—1270	2	0.55
بوتاسيوم لفصل الشتاء	1250—1270	2	—



(شكل 72)

جدول لتحضير السائل الكهرليتي لبطارية قلوية وطريقة فتح العبوة المختومة لماءات البوتاسيوم

أما مقاومة السائل الكهرليتي القلوي فتتعلق بكثافة هذا السائل ودرجة حرارته وتنخفض بارتفاعها . كذلك فإن درجة تجمد السائل الكهرليتي تنخفض بارتفاع كثافته . والجدول أدناه يعطي خواص محلول ماءات البوتاسيوم في حين يعطي الجدول في الصفحة التالية الكميات اللازمة من ماءات البوتاسيوم بكثافة معينة والماء المقطر لتحضير سائل كهرليتي بدرجة كثافة مطلوبة .

خواص محلول ماءات البوتاسيوم

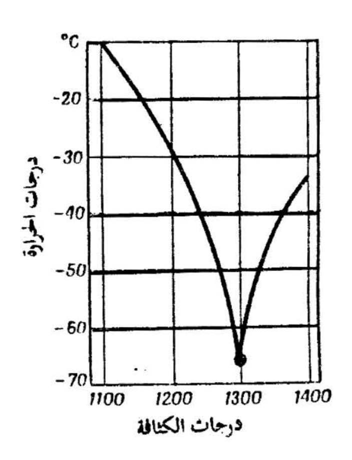
وزن مايحويه من ماءات البوتاسيوم كغ/م3	درجة التجمد م°	معامل الحرارة لكل ١م°	المقاومة النوعية عند ٢٠م° أوم ــ سم	الكثافة عند 20°م كغ/م3	نسبة احتوائه على ماءات البوتاسيوم ٪
10.1	−1	—	—	1010	1
52.2	−3	0.0186	5.363	1047	5
109.2	−8	0.0187	3.183	1094	10
171.0	−15	0.0190	2.302	1142	15
237.6	−24	0.0196	1.961	1190	20
309.6	−38	0.0206	1.820	1241	25
387.0	−59	0.0220	1.796	1292	30
470.4	—	0.0280	1.912	1346	35
559.6	—	0.0287	1.966	1401	40
655.2	—	0.0298	1.996	1458	45
757.0	—	—	—	1516	50

كثافة المحلول القلوي المركّز Kg/m^3	كمية الماء المقطر (بالليتر أو الكغ) اللازم إضافتها إلى المحلول القلوي المركز للحصول على محلول ذي كثافة d					
	d = 1190	d = 1200	d = 1210	d = 1250	d = 1260	d = 1270
1220	0.1567	0.0959	0.0458	—	—	—
1230	0.2072	0.144	0.0916	—	—	—
1240	0.2674	0.2008	0.1459	—	—	—
1250	0.3133	0.2445	0.1874	—	—	—
1260	0.3685	0.2969	0.2375	0.0422	—	—
1270	0.4193	0.3448	0.2833	0.0808	0.0369	—
1280	0.470	0.3929	0.3291	0.1192	0.0739	0.0356
1290	0.530	0.4498	0.3834	0.1652	0.118	0.0782
1300	0.5807	0.4977	0.4992	0.2038	0.1549	0.1138
1320	0.696	0.607	0.534	0.292	0.240	0.196
1332	0.763	0.671	0.595	0.343	0.289	0.243
1345	0.844	0.747	0.667	0.405	0.348	0.300
1357	0.916	0.815	0.733	0.460	0.401	0.352
1370	0.991	0.887	0.801	0.518	0.457	0.405
1383	1.053	0.946	0.857	0.565	0.502	0.448

جدول يعطي الكميات اللازمة للحصول على كثافات معينة للمحلول القلوي اعتباراً من كثافات مركزة معطاة

1397	1.137	1.025	0.933	0.629	0.563	0.508
1410	1.217	1.102	1.006	0.690	0.623	0.565
1424	1.292	1.172	1.073	0.748	0.677	0.618
1438	1.385	1.261	1.158	0.819	0.746	0.685
1453	1.492	1.362	1.254	0.901	0.825	0.761
1468	1.589	1.454	1.342	0.976	0.897	0.830
1483	1.686	1.546	1.430	1.050	0.968	0.899
1498	1.797	1.651	1.531	1.136	1.051	0.978
1514	1.897	1.747	1.693	1.214	1.125	1.051
1530	1.998	1.842	1.714	1.291	1.199	1.122
1546	2.089	1.929	1.795	1.360	1.266	1.187
1563	2.222	2.055	1.917	1.463	1.369	1.282
1580	2.340	2.167	2.024	1.554	1.454	1.367
1597	2.463	2.284	2.136	1.653	1.544	1.455
1615	2.594	2.409	2.255	1.750	1.642	1.549
1634	2.753	2.559	2.399	1.873	1.760	1.664

وعادة يظل السائل الكهرليتي القلوي بحالته الجيدة طوال عمر البطارية ، لكن عند تعرض البطارية لظروف تشغيل خاصة ، (حرارة عالية مثلاً) ، فإن ماءات البوتاسيوم تتحول إلى كربونات البوتاسيوم جزئياً وتؤثر على عمل البطارية سلباً ، عندها إذا تم تغيير هذا السائل الكهرليتي ، فإن هذا سيعيد البطارية إلى سابق نشاطها بنسبة معقولة .



(شكل 73)

بعض خواص محلول ماءات البوتاسيوم (الصفحات السابقة) ومنحني يوضح حالة هذا المحلول عند درجات حرارة مختلفة، ودرجات كثافة مختلفة.

1 ــ 4 ــ أنواع البطاريات القلوية

كما يمكن تقسيم البطاريات القلوية أيضاً حسب نوع المواد الفعالة فيها إلى الأنواع التالية :

1ً ــ بطاريات نيكل كادميوم
2ً ــ بطاريات نيكل حديد
3ً ــ بطاريات فضة توتياء

1ً ــ **بطارية نيكل كادميوم** : إن المادة الفعالة في الألواح الموجبة لهذه البطارية مؤلفة من ماءات النيكل، مضافاً إليها (16 ÷ 18٪) من الغرافيت الذي يحسّن الناقلية، كما يضاف بعض المواد المنشطة مثل ماءات الباريوم بنسبة (1.7 إلى 2.3٪) من كمية المادة الفعالة، وعمل هذه المواد المنشطة هو تحسين فاعلية المادة الفعالة وإطالة عمر الألواح.

بينما تتألف المادة الفعالة في الألواح السالبة من خليط من أكسيد الكادميوم، وكتلة حديدية مع إضافات تحسينية طفيفة أخرى تختلف من شركة لأخرى.

ويكون عدد الألواح الموجبة في بطاريات نيكل كادميوم، زائداً بمقدار واحد عن عدد الألواح

السالبة ، وذلك من أجل عمل جيد للبطارية ، لأن المادة الفعالة للألواح الموجبة يجب أن **تشغل** مساحة أكبر في الخلية من تلك التي تشغلها المادة الفعالة في الألواح السالبة والتي تكون عادة **أقل** سماكة .

وبذلك يتواجد لوح موجب على طرفي كل خلية ، وعلى عكس ما هو حاصل في **البطارية** الرصاصية الحمضية .

وبذلك تكون الألواح الموجبة في بطارية نيكل كادميوم على تماس مباشر مع العبوة ، التي يمكن أن تكون فولاذية ، بينما تكون الألواح السالبة معزولة تماماً عنها ، وبذلك يمكن أن يكون لمثل هذه البطارية قطب واحد وهو السالب ، بينما القطب الموجب هو نفس العبوة .

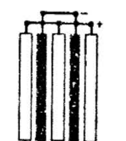
2ً ــ **بطارية نيكل حديد** : حيث تتركب المادة الفعالة الرئيسية في الألواح السالبة لبطارية نيكل حديد من الحديد بشكل بودرة وأكاسيد . وإضافات صغيرة من كبريتات النيكل **Nickl Sulphate** وكبريتات الحديد **Ferrous Sulpate** ، حيث تقوم هذه الإضافات بتحسين ظرف التشكيل ورفع إمكانية الألواح .

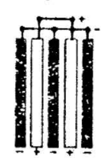
نوع البطارية	المادة الفعالة على نوع اللوح	المادة الفعالة على الألواح الموجبة	المادة الفعالة على الألواح السالبة
نيكل كادميوم	بعد الشحن	ماءات النيكل $Ni(OH)_3$	الكادميوم الإسفنجي والحديد
	بعد التفريغ	تحت ماءات النيكل $Ni(OH)_2$	ماءات الكادميوم وماءات الحديدي
نيكل حديد	بعد الشحن	ماءات النيكل $Ni(OH)_3$	الحديد الإسفنجي
	بعد التفريغ	تحت ماءات النيكل $Ni(OH)_2$	ماءات الحديدي $Fe(OH)_3$
فضة توتياء	بعد الشحن	أكسيد الفضة Ag_2O	التوتياء Zn
	بعد التفريغ	الفضة Ag	أكسيد التوتياء ZnO

(شكل 74)

جدول المواد الفعالة على الألواح الموجبة والسالبة في حالة الشحن أو التفريغ في بطاريات قلوية

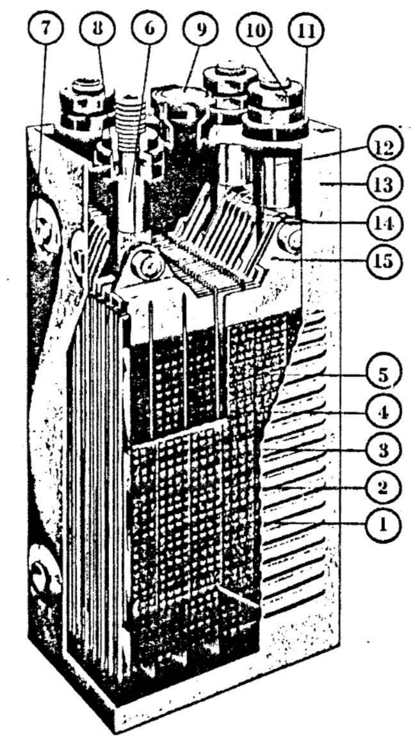
ترتيب الألواح الخارجية في كل من
بطارية نيكل حديد ونيكل كادميوم

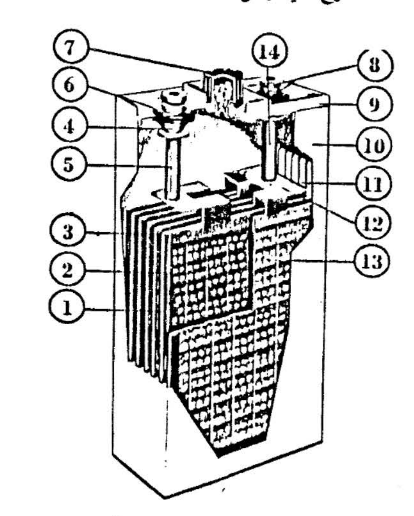


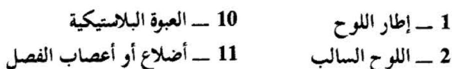


مواصفات البطارية القلوية من النوع الجيد

- تملك حياة عمل طويلة
- تملك مقاومة عالية للصدمات والاهتزاز
- لا يتجمد السائل الكهرليتي بغض النظر عن حالة الشحن
- أداء جيد حتى في درجات الحرارة المنخفضة
- تحتاج إلى صيانة محدودة
- تملك تفريغ ذاتي مهمل







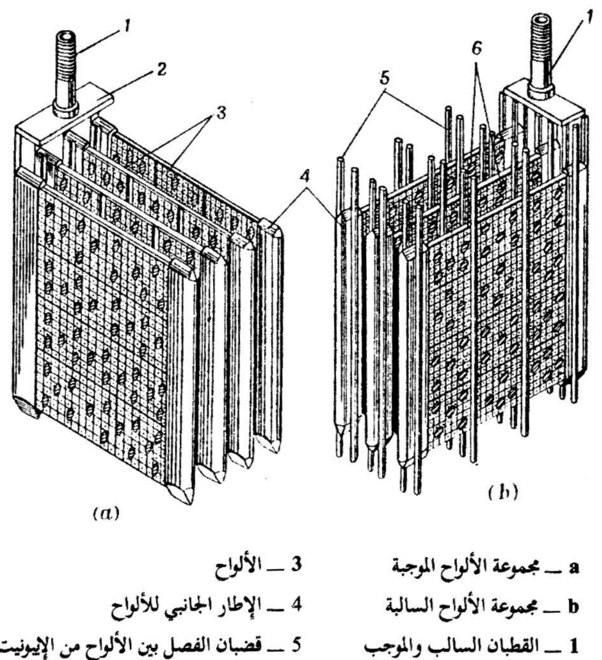
بطارية قلوية ضمن علبة بلاستيكية

1 ــ إطار اللوح
2 ــ اللوح السالب
3 ــ شريحة التوصيل
4 ــ كبسولة الأحكام
5 ــ القطب السالب
6 ــ رنديلة علامة نوع القطب
7 ــ غطاء فتحة التهوية
8 ــ عزقات القطب
9 ــ الغطاء
10 ــ العبوة البلاستيكية
11 ــ أضلاع أو أعصاب الفصل
12 ــ شريحة مجموعة الألواح
13 ــ الألواح الموجبة
14 ــ القطب الموجب

• بطارية قلوية ضمن عبوة فولاذية

1 ــ قطب موجب
2 ــ إطار اللوح
3 ــ طرف العازل
4 ــ قضبان الفصل
5 ــ الألواح السالبة
6 ــ القطب السالب
7 ــ حدبة التعليق
8 ــ سدادة الأحكام
9 ــ فتحة التهوية والملء
10 ــ عزقات القطب
11 ــ عازل القطب
12 ــ القطب الموجب
13 ــ العبوة الفولاذية
14 ــ الرنديلات المشرشرة بين شرائح التوصيل
15 ــ شريحة توصيل اللوح

(شكل 75)



a ـــ مجموعة الألواح الموجبة | 3 ـــ الألواح
b ـــ مجموعة الألواح السالبة | 4 ـــ الإطار الجانبي للألواح
1 ـــ القطبان السالب والموجب | 5 ـــ قضبان الفصل بين الألواح من الإيبونيت
2 ـــ شريحة التوصيل | 6 ـــ الجيوب المحيطة بالمادة الفعالة

(شكل 76)
مجموعتي الألواح الموجبة والسالبة في بطارية قلوية

بينما تتركب المادة الفعالة الرئيسية للألواح الموجبة من ماءات النيكل وتكون الألواح السالبة هي الخارجية من الطرفين في كل خلية (كما هو الحال في البطارية الرصاصية الحمضية) . وذلك لأن هذه البطارية تتطلب كمية مادة فعالة للألواح السالبة أكبر من تلك الخاصة بالألواح الموجبة .

وعلى هذا الأساس تكون الألواح السالبة على تماس مباشر مع العبوة إذا كانت فولاذية . وبالتالي يمكن أخذ القطب السالب من العبوة مباشرة .

3ً ـــ **أما في بطارية الفضة توتياء القلوية** ؛ فإن أكسيد الفضة المرجع الذي يضغط على صفيحة ، ومن ثم يعرض لمعالجة جرارية ، هو المادة الفعالة للألواح الموجبة ، في حين أن المادة الفعالة على الألواح السالبة هي خليط من أكسيد التوتياء وبودرة التوتياء .

1 ـــ 5 ـــ التفاعلات الكيميائية في البطاريات القلوية

عندما يجري تفريغ بطارية النيكل كادميوم ؛ فإن ماءات النيكل $Ni(OH)_3$ تتعرض إلى التغيير إلى **NiOOH** ، وعبر عملية الإرجاع لـ **Nickelic hydroxide** . يتولد التيار الكهربائي ، ويعبر عن **التفاعل** الحاصل خلال عملية الشحن والتفريغ بالمعادلة .

$$2NiOOH + Cd + 2H_2O \xrightleftharpoons[\text{شحن}]{\text{تفريغ}} 2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$$

$2NiOOH$	Cd	$2Ni(OH)_2$	$Cd(OH)_2$
على الألواح الموجبة	على الألواح السالبة الكادميوم	على الألواح الموجبة	على الألواح السالبة

وتحدث عمليات مشابهة في بطارية نيكل حديد ، إنما يكون الحديد بدلاً من الكادميوم في الجانب الأيسر ، بالإضافة إلى أن ماءات الحديد تتشكل على الألواح السالبة ، بدلاً من ماءات الكادميوم (على الجانب الأيمن) .

وخلال عملية التفريغ وعلى الألواح السالبة يحدث ما يلي :

بالنسبة لبطارية نيكل كادميوم

$$Cd + 2OH^- - 2e^- \xrightarrow{\text{تفريغ}} Cd(OH)_2$$

بالنسبة لبطارية نيكل حديد

$$Fe + 2OH^- - 2e^- \xrightarrow{\text{تفريغ}} Fe(OH)_2$$

ويصاحب ذلك انتقال الإلكترونات عبر الحمل الخارجي إلى القطب الموجب . أما على الألواح الموجبة فإن التأسيس (الإماهة) غير الكاملة لماءات النيكل تتعرض لعملية إرجاع وفق المعادلة

$$NiOOH + H_2O + e^- \xrightarrow{\text{تفريغ}} Ni(OH)_2 + OH^-$$

وعند الشحن يتشكل الكادميوم ــ بطارية نيكل كادميوم ــ أو الحديد ــ بطارية **نيكل** حديد ــ على الألواح السالبة حسب المعادلتين :

$$Cd(OH)_2 + 2e^- \xrightarrow{\text{شحن}} Cd + 2(OH)^-$$
$$Fe(OH)_2 + 2e^- \xrightarrow{\text{شحن}} Fe + 2(OH)^-$$

وفي نفس الوقت يحدث ما يلي في الألواح الموجبة عند الشحن

$$NI(OH)_2 + OH^- - e^- \longrightarrow NIooH + H_2O$$

ويفترض أنه في نهاية عملية الشحن تتعرض بعض جزيئات ماءات النيكل غير الكاملة إلى أكسدة إضافية وفق المعادلة :

$$NiOOH + OH^- - e^- \longrightarrow NiO_2 + H_2O$$

ويتحلل الأكسيد تلقائياً وفق المعادلة : •

$$4NiO_2 + 2H_2O \longrightarrow 4NiOOH + O_2$$

وهذا التفاعل يحدث بعد توقف عملية الشحن، وهو سبب التفريغ الذاتي، وعندما ينتهي هذا التفاعل ينخفض التفريغ الذاتي بشكل حاد في البطارية القلوية .

وتجدر الملاحظة بأنه عندما توضع البطارية تحت العمل، فإن شوارد الـ $(OH)^-$ تنتقل من قطب إلى آخر . ففي حالة التفريغ تحمل شوارد الـ $(OH)^-$ من القطب الموجب إلى القطب السالب، وفي حالة الشحن يحدث العكس .

أما التفاعلات الكيميائية في بطارية الفضة توتياء فيمكن تلخيصها بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$Ag_2O + Zn \underset{\text{تفريغ}}{\overset{\text{شحن}}{\rightleftarrows}} 2Ag + ZnO$$

أكسيد الفضة	توتياء	فضة	أكسيد التوتياء
ألواح موجبة	ألواح سالبة	ألواح موجبة	ألواح سالبة

حيث يعبر عن التفاعل على الألواح الموجبة عند التفريغ ، والذي هو عبارة عن عملية إرجاع لأكسيد الفضة بالمعادلة التالية

$$Ag_2O + H_2O + 2e^- \xrightarrow{\text{تفريغ}} 2Ag + 2(OH)^-$$

بينما تتأكسد التوتياء على الألواح السالبة حسب المعادلة :

$$Zn + 2(OH^-) - 2e \xrightarrow{\text{تفريغ}} ZnO + H_2O$$

وعند عملية الشحن يحدث عكس التفاعلين السابقين .

إن مقدار نسبة سعة البطارية إلى وزنها في بطارية الفضة توتياء ، تعادل من أربعة إلى خمسة أضعاف هذه النسبة في البطاريات الأخرى ، ومردود مثل هذه البطارية عالٍ ، كما أن التفريغ الذاتي فيها منخفض ، بالإضافة إلى أنها تتحمل تيارات تفريغ عالية ، ويمكن أن تعمل ضمن مجال حراري **يتراوح بين −20°م إلى +60°م .**

وكما لاحظنا من خلال استعراض التفاعلات الكيميائية في البطاريات القلوية ؛ فإن المواد الفعالة الموجودة على الألواح ، تتعرض إلى تغيرات في درجة الأكسدة مع تغير صغير أو بدون أي تغيير في الحالة الفيزيائية ، وهذه المواد لا تنحل في السائل الكهرليتي المستخدم في البطارية القلوية (ماءات البوتاسيوم KOH) ، وذلك عند تعرضها لمثل هذه التغيرات في درجات الأكسدة . لذلك تتصف هذه البطاريات بعمر طويل نسبياً ، بالمقارنة مع المواد المستخدمة في البطاريات الرصاصية الحمضية ، وعمر هذه البطاريات .

1 ـــ 6 ـــ أعطال البطارية القلوية

1 ـــ 6 ـــ 1 ـــ فقد السعة : إن حدوث أي عطل في بطارية ينعكس بنقصان في سعتها الفعلية ، مثل تراكم كربونات البوتاسيوم في السائل الكهرليتي ، نتيجة لعمر طويل للبطارية دون تغيير السائل الكهرليتي أو نتيجة لتفريغ طويل عميق ، وإعادة شحن غير كامل وبتيار ضعيف ، أو لحدوث دارة قصيرة أو لحدوث تسريب في التيار يستمر من البطارية .

ويمكن التغلب على ظاهرة تراكم الكربونات بتغيير السائل الكهرليتي ، ووضع آخر جديد ؛ فإذا لم تستعد البطارية سعتها ، فهذا يعني أن الشوائب المضرة قد تغلغلت ضمن المادة الفعالة ، وعندها يجب استبدال البطارية .

1 ـ 6 ـ 2 ـ حدوث دارة قصيرة في البطارية : ويحدث ذلك عندما تتشكل أملاح في السائل الكهرليتي ، وبالتالي يصبح مشوباً ، ولتجنب هذه المشكلة يجب حفظ البطاريات وأوعيتها ضمن ظروف مناسبة .

ولإزالة هذا العطل يجب استبدال السائل الكهرليتي بآخر جديد نظامي ، ويتم ذلك بغسل البطارية بعد تفريغها من السائل المراد استبداله ، بماء ساخن مقطر ، ثم تملأ البطارية بالماء المقطر أيضاً لمدة 24 ساعة في درجة حرارة 15 إلى 20°م ، ثم بعد التخلص من هذا الماء ، نملأ البطارية بالسائل الكهرليتي النظامي الجديد ، ونشحن البطارية نظامياً أيضاً ، ويجب أن يظهر 0,2 فولت لكل خلية بعد بدء الشحن بثلاث دقائق ، فإذا حصل يكون عطل الدارة القصيرة قد انتهى .

ويجدر بالذكر أن البطارية التي جرى تغيير سائلها الكهرليتي لا تعود إلى سعتها بنسبة جيدة مباشرة بعد الغسيل ، بل بشكل تدريجي ، ويلزم لذلك عدة دورات شحن تفريغ .

1 ـ 6 ـ 3 ـ زيادة التفريغ الذاتي في البطارية القلوية : تتعرض البطاريات القلوية لتفريغ ذاتي خلال عملها يتراوح بين 10 إلى 20٪ من سعتها خلال شهر واحد إذا كانت من النوع نيكل كادميوم ، بينما تتراوح هذه النسبة بين 40٪ إلى 60٪ في بطاريات نيكل حديد ، وأقل من ذلك بكثير لبطارية فضة توتياء . إنما تمتاز البطاريات القلوية بأن هذا التفريغ الذاتي يتناقص ثم يتوقف ، بمعنى أن التفريغ الذاتي لا يجعل البطارية القلوية بحالة تفريغ كامل .

وعند ملاحظة أن هذا التفريغ الذاتي قد ازداد ، يتوجب فحص وجود شوائب في السائل الكهرليتي ، أو وجود دارة قصيرة في الألواح .

وفي حال كشف ذلك يجب تغيير السائل الكهرليتي وعمل عدة دورات شحن تفريغ بعد غسيل البطارية . فإذا لم يُـجـدِ ذلك يجب استبعاد البطارية .

1 ـ 6 ـ 4 ـ خروج غازات من البطارية بشكل غير عادي : وهذا ينتج إما عن وجود شوائب في السائل الكهرليتي ، أو حدوث دارة قصيرة داخل البطارية ، وتجري محاولة الإصلاح باستبدال السائل الكهرليتي بعد الغسيل . وقبل ذلك نكون قد تأكدنا من أن توتر الشحن نظامي ، حيث أن الشحن الزائد بتوتر عالٍ يؤدي إلى انطلاق غازات (تصرف قدرة الشاحن الفائضة في تحليل الماء ضمن السائل الكهرليتي ، وينتج عن هذا التحليل انطلاق غاز الاكسجين عبر الألواح الموجبة ، وغاز الهيدروجين عبر الألواح السالبة) .

1 ــ 6 ــ 5 ــ خروج سائل رغوي من بطارية قلوية : لا تعتبر هذه الظاهرة (في الحالة الغالبة) عطلاً كبيراً ، إذ إنها تعني أن السائل الكهرليتي قد أصبح مشوباً ، وهذه الحالة تؤدي في حال استمرارها إلى نقص غير عادي في السائل الكهرليتي ، وهذا ينعكس على **الإضرار** بالعوازل والألواح .

ولتجنب استفحال الضرر يتوجب المباشرة فور بداية خروج السائل الرغوي ، أو ملاحظة أن السائل الكهرليتي القلوي لم يعد نقياً ، باستبداله حسب الخطوات التي سبق ذكرها .

1 ــ 7 ــ مكان توضع البطاريات القلوية

يجب أن يكون المكان نظيفاً جافاً ، غير معرض لحرارة أو أشعة الشمس أو مصادر حرارة أو لهب أخرى ، ودرجة الحرارة المثالية لمثل هذا المكان هي 20 إلى 30°م . فإذا كان هناك اضطرار للعمل تحت درجات حرارة أعلى أو أخفض يجب مراجعة الشركة الصانعة أو نشراتها الفنية عند اختيار نوعية وسعة البطاريات حسب الحالة . كما يجب استخدام التوصيلات ــ مقطعاً ونوعاً ، وطريقة تمديد ــ حسب النشرات الفنية أو بالالتزام بأحد الأنظمة العالمية BS, DIN, VDE ... كما يجب أن تزود الغرفة بنظام تهوية وذلك للتخلص من الغازات الناتجة عن البطاريات أثناء زيادة الشحن .

ويمكن اعتماد المعادلات العملية التالية من أجل ذلك :

عند سطح الأرض $Q = 55 \times n \times I$

في البحر $Q = 110 \times n \times I$

حيث Q كمية الهواء المبدل في الساعة ، n عدد الخلايا الموجودة في الغرفة .

I تيار نهاية الشحن عند اعتماد طريقة الشحن السريع ــ على أن لا يقل عن 25٪ من قيمة تيار الشاحن ــ

أما عند الشحن العائم فنعتبر $I = 0.01 \times C$ حيث C سعة البطارية . كما يجب وضع نظام **شفط** (مدخنة) عندما يكون حجم البطاريات كبيراً بالنسبة لحجم الغرفة الحاوية لها .

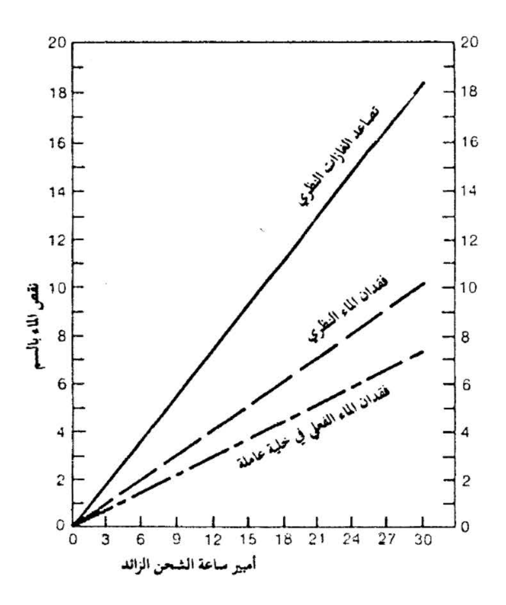
أما الجدران والأرضية ، فيجب أن تكون من البورسلان أو أي مادة أخرى لا تتأثر بالحموض والقلويات . ويجب أن يكون المكان مخصصاً فقط للبطاريات .

1 ــ 8 ــ ملاحظات عامة عن البطاريات القلوية

1ً ــ تصنع أقطاب البطاريات نيكل كادميوم ــ نيكل حديد، من مقاطع فولاذية مطلية بالنيكل بحيث تكون مناسبة لتحمل التيارات الأعظمية، التي تعطيها البطارية.

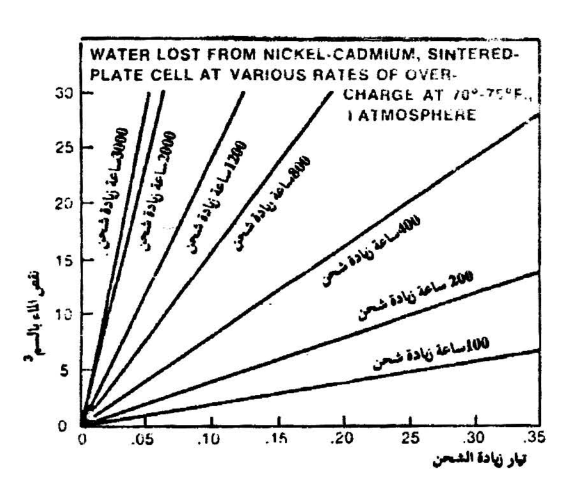
2ً ــ يحظر إعادة مستوى السائل الكهرليتي إلى وضعه النظامي بعد تفريغ البطارية، ما لم تعط البطارية قراءة للتوتر غير عادية الارتفاع (1.5 فولت لكل خلية أو أعلى من ذلك)، فور وضعها تحت الشحن. وإعادة مستوى السائل إلى وضعه النظامي كأفضل ما يكون، تتم بعد استراحة للبطارية بعد الشحن لمدة 3 ساعات.

وعادة تفقد البطارية 1سم^3 من ماء سائلها الكهرليتي عند كل 2.92 أمبير / ساعة، زيادة في الشحن. والمنحنيان التاليان يوضحان فقد الماء، منسوباً إلى تيار زيادة الشحن.



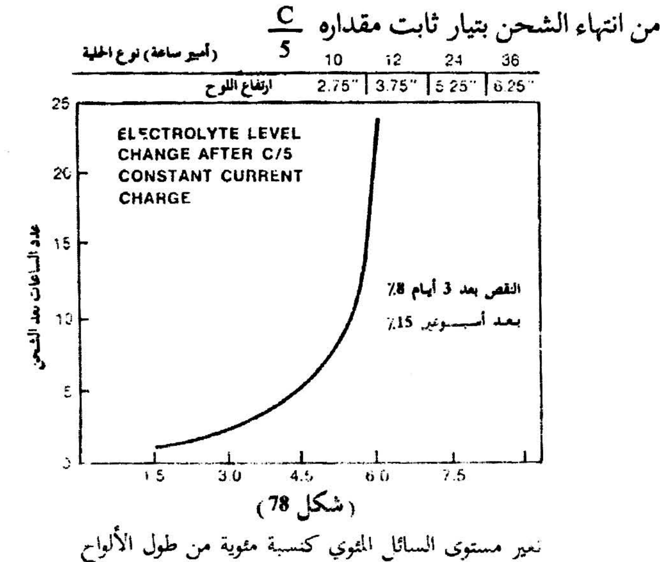
(شكل 77)

77 ــ أ ــ يوضح منحني فقد ماء السائل الكهرليتي معبراً عنه بالسنتيمتر المكعب (cc) ــ المنحني النظري Theoretical water loss والمنحني المفعلي Actual water loss، بالإضافة إلى المنحني النظري لتصاعد الغازات Gassing Theoretical وذلك عند الشحن الزائد



77 ــ ب ــ نقص الماء من بطارية نيكل كادميوم ذات الألواح المشكلة بالترسيب بعد التبخير عند معدلات مختلفة لدرجات زيادة الشحن عند الدرجة 70 فهرنهايت وضغط جوي واحد.

وينخفض مستوى السائل الكهرليتي بعد الانتهاء من الشحن بسبب مسامية الألواح والمنحني التالي يعطي مقدار نقص السائل كنسبة مئوية من طول الألواح بعد زمن معين من انتهاء الشحن بتيار ثابت مقداره $\frac{C}{5}$



(شكل 78)

تغير مستوى السائل المئوي كنسبة مئوية من طول الألواح

وينتج نقص الماء في السائل الكهرليتي عن ثلاثة مسببات :

أ ــ تحلل جزيء الماء إلى مكوناته (الهيدروجين والأكسجين) عند الشحن الزائد .

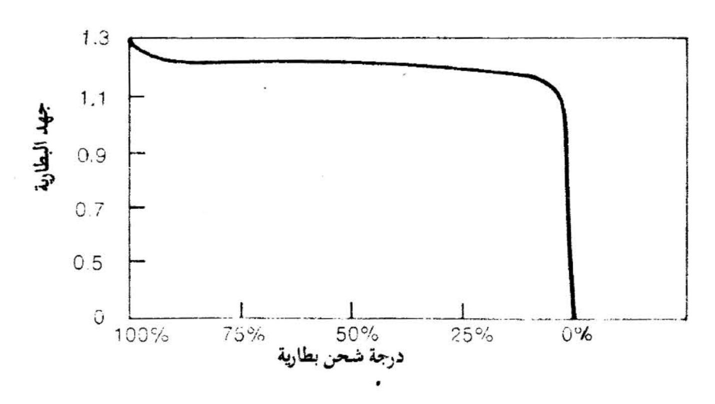
ب ــ عن حمل الغازات المنطلقة نتيجة الشحن الزائد لقطيرات الماء معها خارج البطارية .

ج ــ عن التبخر .

د ــ إضافة إلى النقص في مستوى السائل بعد انتهاء الشحن بفترة بسبب امتلاء مسام الألواح به .

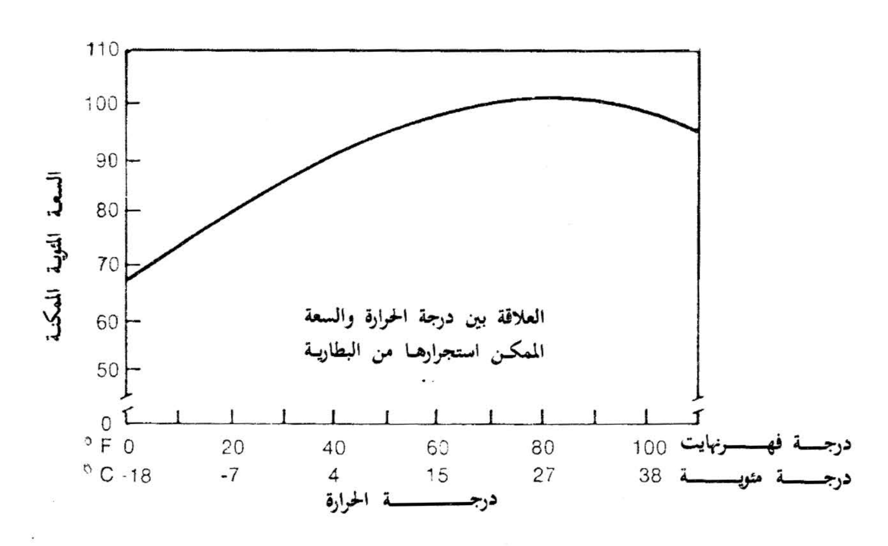
والسبب الأول هو الأهم في نقصان الماء .

3ً ــ إن التوتر الإسمي للبطارية القلوية المعتمد هو 1.2 فولت لكل خلية . إلا أن قيمة توتر الشحن لكل خلية أكبر من ذلك وتختلف استناداً لدرجة الحرارة ، حيث يمكن أن تصل إلى 1.7 فولت لكل خلية في المناطق الباردة . بينما تحدد قيمة توتر نهاية التفريغ المسموح بها حسب نوع البطارية وطريقة تفريغها ، حيث يسمح للبطاريات المستخدمة لتقديم تيار إقلاع بهبوط توترها حتى 0.65 فولت / خلية خلال عملية الإقلاع . أما للبطاريات التي تستخدم في أجهزة الـ UPS ؛ فإن قيمة توتر نهاية التفريغ تتراوح ــ حسب حساسية الأجهزة المغذاة ــ بين 1.14 إلى 1فولت لكل خلية . تزداد جودة البطارية بانخفاض توتر نهاية التفريغ المسموح به فيها .



(شكل 79)

منحني توتر البطارية النموذجي عند تحميلها بحمل معتدل



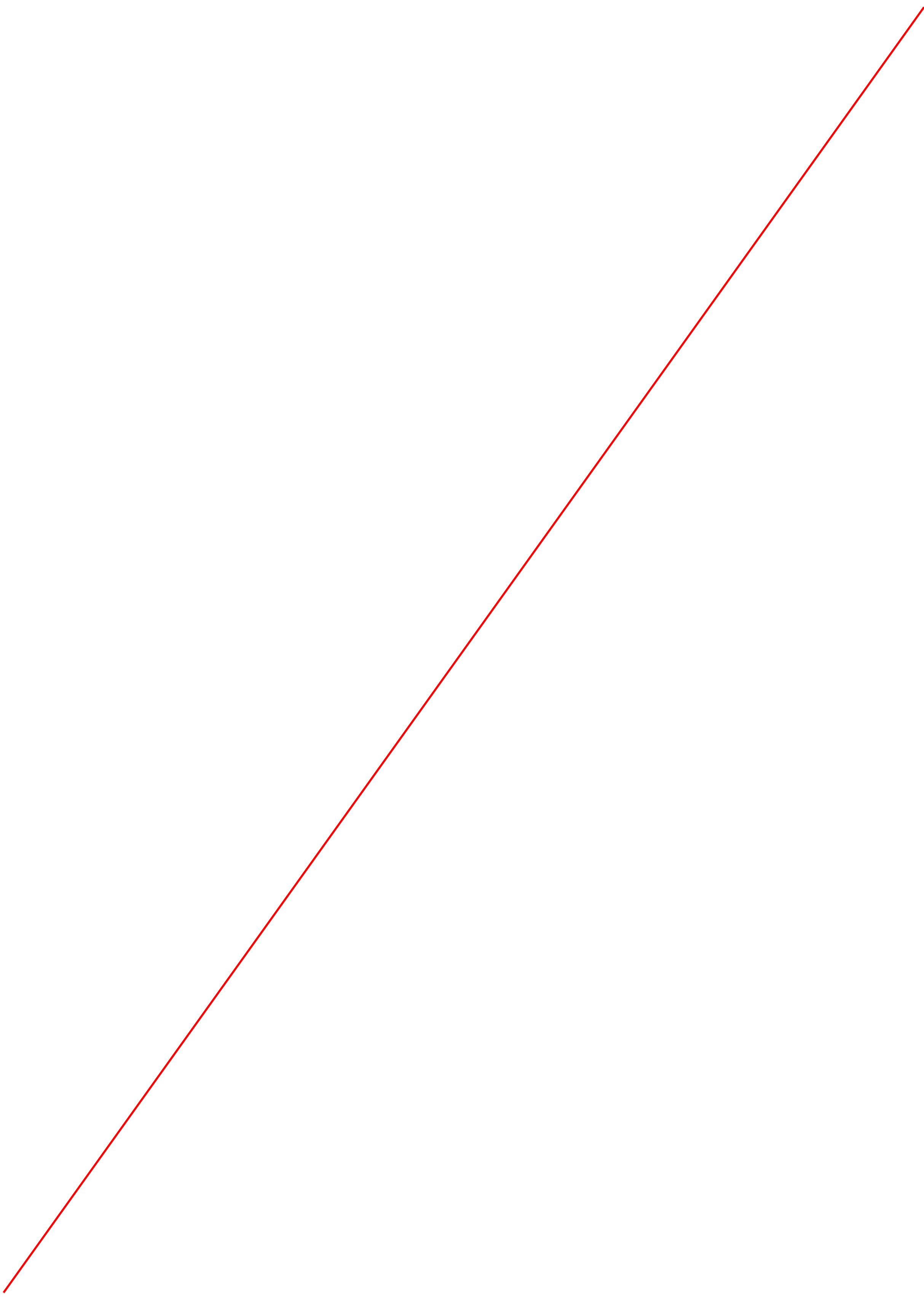
(شكل 80)

السعة الممكن استجرارها من بطارية قلوية عند درجات حرارة مختلفة

4ً ـــ إن معرفة درجة الشحن في البطارية القلوية لا يمكن أن تستند على درجة كثافة السائل الكهرليتي ـــ لا تتعلق كثافته بحالة شحن البطارية كما رأينا سابقاً ـــ بل على توتر البطارية تحت حمل والمنحني (شكل 79) يوضح هبوط التوتر، دالاً على درجة شحن البطارية وهي محملة بحمل بسيط والبطارية من النوع الجيد.

5ً ـــ تتأثر البطارية القلوية أيضاً بدرجة الحرارة. وكلما انخفضت درجة الحرارة، انخفضت السعة التي يمكن استجرارها من البطارية، لكن تظل البطارية القلوية أقدر على إعطاء قدرة أكبر من البطارية الرصاصية الحمضية في نفس درجة الحرارة المنخفضة، ولنفس السعة. وكما في المنحني التالي (شكل 80) نرى أن البطارية القلوية تعطي حوالي 65٪ من سعتها عند درجة الحرارة – 18°م.

6ً ـــ كذلك فإن البطارية يمكنها أن تقدم سعة أكبر كلما كان التيار المستجر منها صغيراً. وينعكس ذلك على توتر البطارية، حيث يهبط هذا التوتر عند استجرار تيار كبير بسرعة، بينما يحافظ توتر البطارية على قيمته عند استجرار تيار صغير (حمل صغير) منها. حيث يدل الرمز 20C على التيار، الذي قيمته عشرون ضعفاً من سعة البطارية بينما $\frac{C}{5}$ يدل على التيار الذي قيمته خمس سعة البطارية.



1 ـ 9 ـ مقارنة بين البطاريات القلوية والبطارية الرصاصية الحمضية

إن المميزات التي يجب أن تتمتع بها البطارية بشكل عام هي :

1ً ـ أن تكون قدرة الخرج بالنسبة لواحدة الوزن والحجم عالية ، مع المحافظة على جعل التفريغ الذاتي في حدوده الدنيا .

2ً ـ أن تحافظ على مردود جيد ضمن مجال واسع من درجات الحرارة .

3ً ـ أن يكون عمرها مديداً وفعالاً .

4ً ـ أن لا تحتاج صناعتها إلى مواد غالية الثمن ، وكلفة دراسية وتطبيقية غير عالية ، وأن لا تستهلك كمية من المواد كبيرة خصوصاً إذا كانت هذه المواد مرتفعة الثمن . إن أكثر البطاريات اقتصادية من حيث استهلاك كمية مواد ، هي بطارية الفضة توتياء . في حين أن هذه البطارية ذات كلفة عالية بالمقارنة مع غيرها .

وبالمقارنة يمكننا ذكر النقاط التالية :

1ً ـ إن كمية المواد مقدرة بالغرام لكل أمبير / ساعة ، المستخدمة في مختلف البطاريات هي كما يلي :

ـ في البطارية الرصاصية الحمضية : يلزم 4,46 غ من ثاني أكسيد الرصاص ، 3,68 من الرصاص ، 3,36 غ من حمض الكبريت والمجموع هو 11,5 غ .

ـ في بطارية نيكل كادميوم القلوية يلزمنا :

4,09 غ ماءات نيكل ، 2,1 غ كادميوم ، المجموع 6,19 غ .

في بطارية نيكل حديد القلوية أيضاً يلزمنا :

4,09 غ ماءات النيكل ، 1,04 غ حديد ، والمجموع 5,13 غ .

في بطارية الفضة توتياء يلزمنا :

4,3 غ أكسيد الفضة ، 1,22 غ توتياء ، والمجموع 5,52 ، لكن الكمية اللازمة من أكسيد الفضة من الناحية العملية أقل (لأنها تدخل بشكل جزئي في التفاعل) .

2ً ـ إن فرق التوتر بين حالة الشحن والتفريغ في البطارية القلوية أكبر منه في البطارية الرصاصية الحمضية .

3ً ـ التوتر الإسمي للخلية القلوية هو 1,2 فولت والتوتر الأعظمي الذي يسمح أن تصل إليه هو 1,7 فولت . في حين أن التوتر الإسمي للبطارية الرصاصية الحمضية هو 2 فولت

والتوتر الأعظمي الذي يسمح أن تصل إليه هو 2,7 فولت لكل خلية. لذلك من أجل الحصول على توتر معين يلزمنا بطاريات قلوية أكثر.

4ً ــ إن أعلى مردود قدرة هو للبطارية القلوية نوع فضة توتياء.

5ً ــ عند العمل في درجات الحرارة المنخفضة؛ فإن البطارية القلوية تمتاز عن البطارية المماثلة من النوع الرصاصي الحمضي. ومثال على ذلك:

عند درجة حرارة −20°م، وبمعدل تيار IC_{20} (أي التيار الذي لو سحب من بطارية لمدة 20 ساعة؛ فإنها تصل إلى توتر نهاية التفريغ). فإن البطارية القلوية تعطي (85٪) نيكل كادميوم، 75٪ نيكل حديد)، بينما تعطي البطارية الرصاصية الحمضية المماثلة وبنفس الشروط 60٪ فقط من سعتها. ونحصل على معدلات أقل إذا كان تيار التفريغ أكبر، إنما ينخفض ذلك المعدل في البطارية الرصاصية الحمضية أكثر.

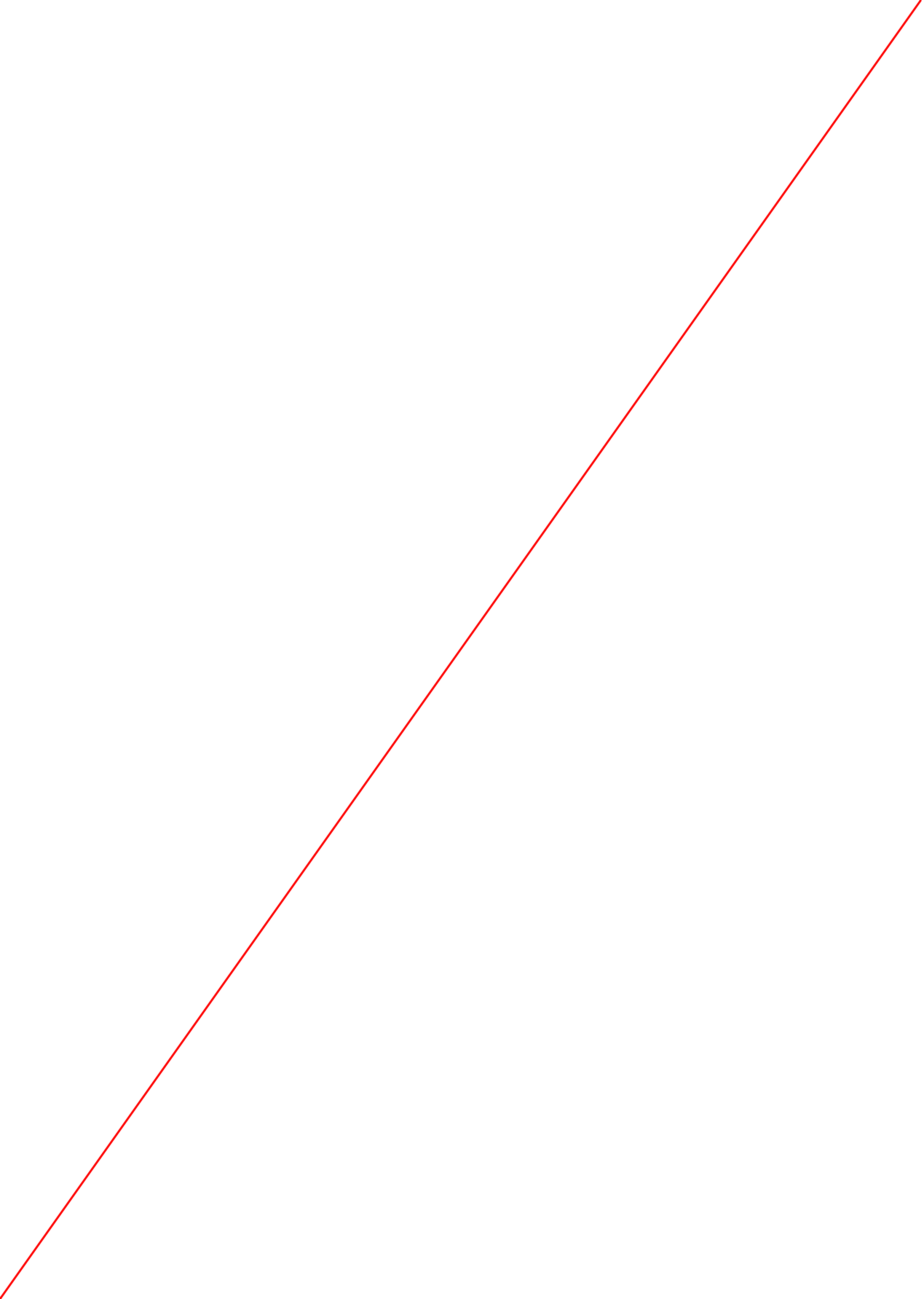
6ً ــ التفريغ الذاتي في البطاريات الرصاصية الحمضية أعلى منه في البطاريات القلوية، بالإضافة إلى أن التفريغ الذاتي في البطارية القلوية يصل إلى درجة معينة ويتوقف بعدها. فمثلاً إذا أخذنا ثلاث بطاريات متماثلة الأولى حمضية رصاصية، والثانية قلوية نيكل كادميوم، والثالثة نيكل حديد قلوية أيضاً، وكلها مشحونة تماماً وتركت لمدة شهرين في درجة حرارة عادية، فإن الأولى ستعطي (30 — 40٪) من سعتها فقط، بينما تعطي الثانية (80 — 85٪) من سعتها والثالثة أقل من ذلك بقليل.

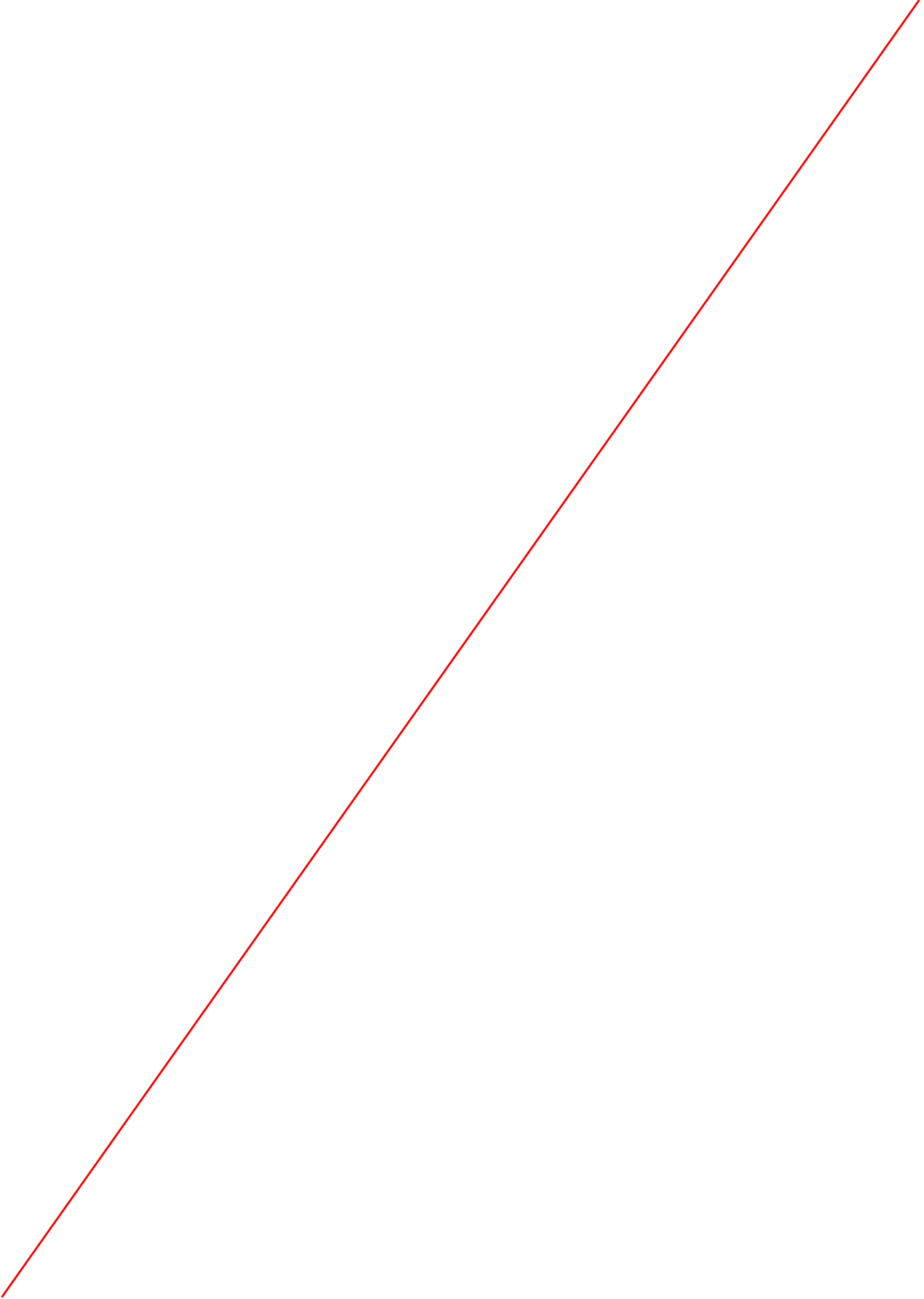
7ً ــ البطاريات القلوية أكثر ثباتاً ميكانيكياً، وأكثر تحملاً للاهتزازات أو الصدمات أو التيارات العالية (دارات القصر الطارئة)، خصوصاً البطاريات القلوية ذات العبوة الفولاذية.

8ً ــ البطاريات القلوية لا تتأثر كثيراً إذا تركت بحالة نصف شحن أو نصف تفريغ، بينما تتضرر البطارية الرصاصية الحمضية (عدا النوع الجاف منها). من ذلك نظراً لحدوث الكبرتة بنسبة تتناسب مع درجة التفريغ، وطول المدة التي تبقى فيها البطارية على هذه الحالة.

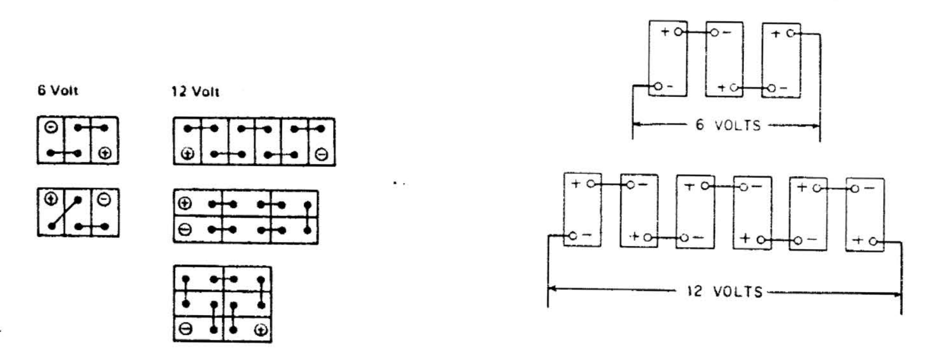
9ً ــ البطارية القلوية بشكل عام تحتاج إلى صيانة أقل من البطارية الرصاصية الحمضية.

10ً ــ إن البطارية الرصاصية الحمضية الجافة، تتحمل الاهتزازات الميكانيكية أيضاً، ويمكن توضيعها بأي اتجاه، يمكن أن تترك بأي درجة شحن لمدة معقولة دون أن تفقد سعتها،



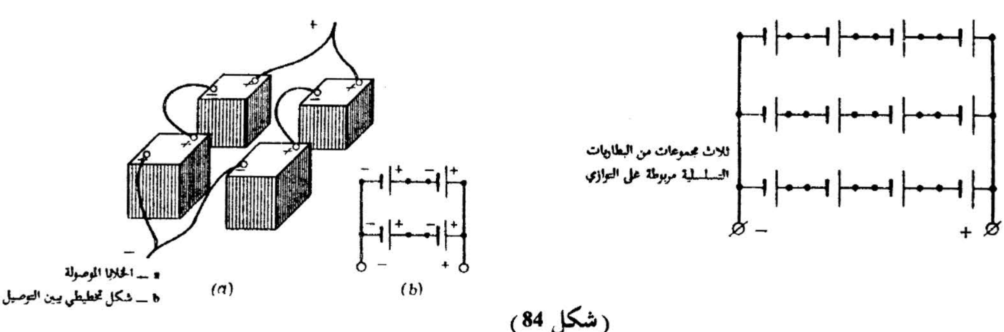


أيضاً معه . ويكون التوتر الناتج هو نفس توتر الخلية الواحدة ، إنما سعة البطارية الناتجة تساوي سعة خلية واحدة ، مضروبة بعدد هذه الخلايا . ويجب أن تكون الخلايا متساوية السعة ودرجة الشحن في هذه الحالة .



(شكل 83)
طرق توصيل خلايا متعددة في عبوة واحدة لبطارية ذات 6 أو 12 فولت

أي أننا في حالة الربط التسلسلي لعدة خلايا حصلنا على مجموع توترات الخلايا ، كتوتر نهائي لها ، بينما يبقى التيار المقدم منها جميعها ، مساوياً للتيار الذي تقدمه أي خلية منها . بينما في حالة الربط التفرعي لعدة خلايا حصلنا على مجموع سعات الخلايا ، كسعة نهائية للبطارية ككل ، في حين يبقى توتر البطارية النهائية مساوياً لتوتر خلية واحدة . ويمكن إجراء الربط المشترك للبطاريات بحيث يحوي مجموعة خلايا مربوطة على التسلسل ، وهذه بدورها مربوطة على مجموعة أخرى على التوازي ، كما هو واضح في (الشكل 84) .



(شكل 84)
ربط بطاريات على التوازي والتسلسل من أجل الشحن

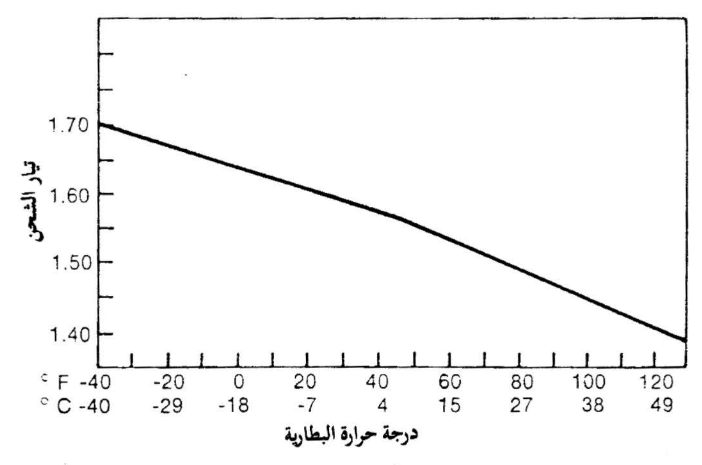
1 ـ 1 ـ الإجراءات والاعتبارات المأخوذة بعين الاعتبار قبل الشحن

1ً ـ بعد ملء البطارية أو مجموعة البطاريات بالسائل الكهرليتي (القلوي بالنسبة للبطاريات القلوية وهو ماءات البوتاسيوم ـ وحمض الكبريت بالنسبة للبطاريات الرصاصية الحمضية). فإن حرارتها ترتفع ولا يصح ربطها على الشاحن مباشرة، بل ننتظر حتى تبرد.

2ً ـ بعد أن تبرد نلاحظ أن كثافة السائل الحمضي في البطارية الرصاصية الحمضية قد انخفضت بالرغم من عدم إجراء أي شحن أو تفريغ، إلى حوالي 1150كغ / م^3. بينما لا تتغير كثافة السائل الكهرليتي القلوي في البطارية القلوية.

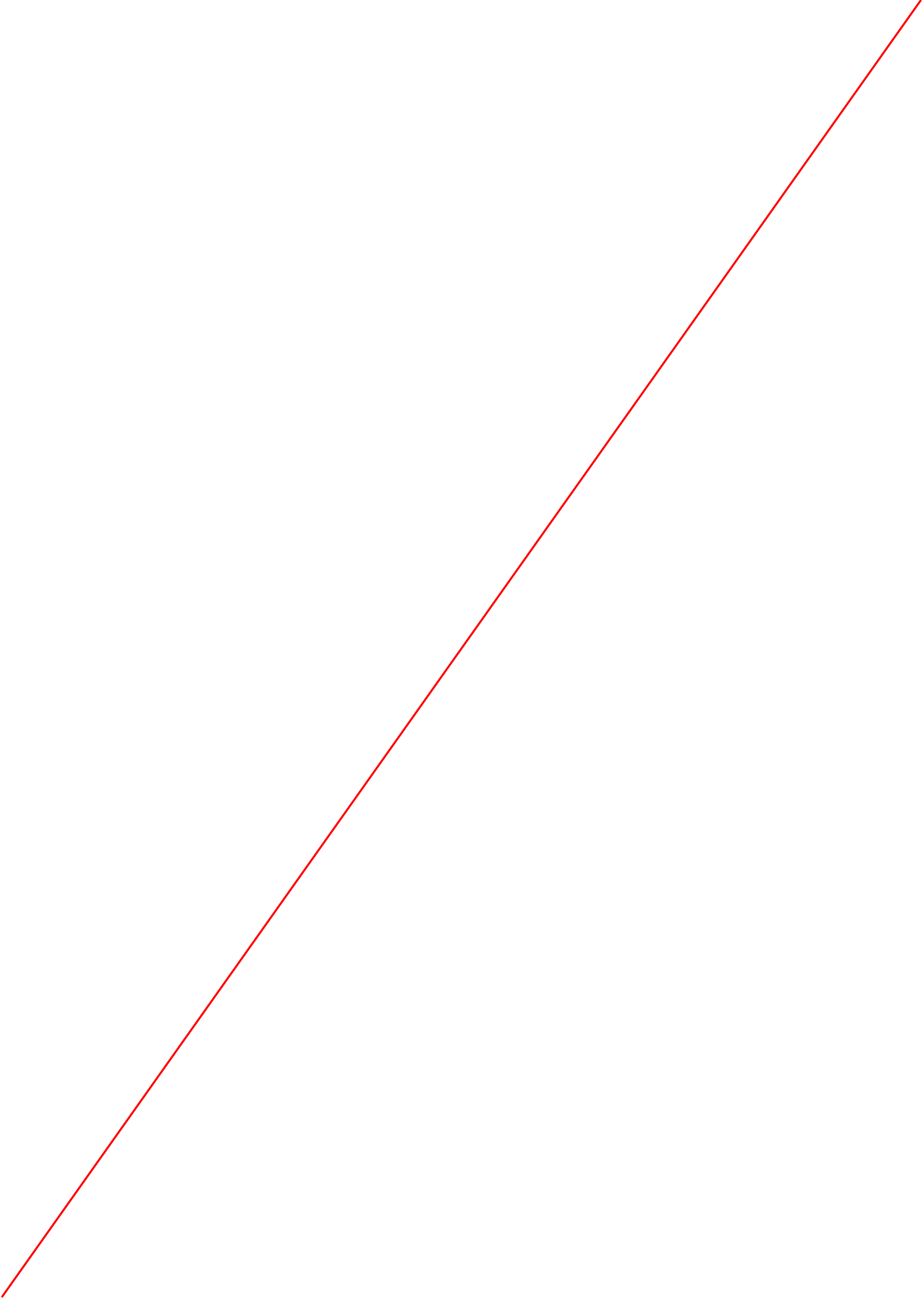
3ً ـ إن اختيار توتر شحن البطارية يتعلق بطريقة الشحن، ونوع البطاريات (هل هي من النوع H (يعطي تيارات عالية) أو M يعطي تيارات متوسطة أو L يعطي تيارات صغيرة لمدة طويلة) بالإضافة إلى درجة حرارة الجو المحيط. حيث يجب رفع توتر الشحن كلما انخفضت درجة الحرارة، كما هو واضح في المنحنيين التاليين : وذلك عند الشحن بطريقة التوتر الثابت، سواء بالنسبة لبطارية قلوية أو بطارية رصاصية حمضية.

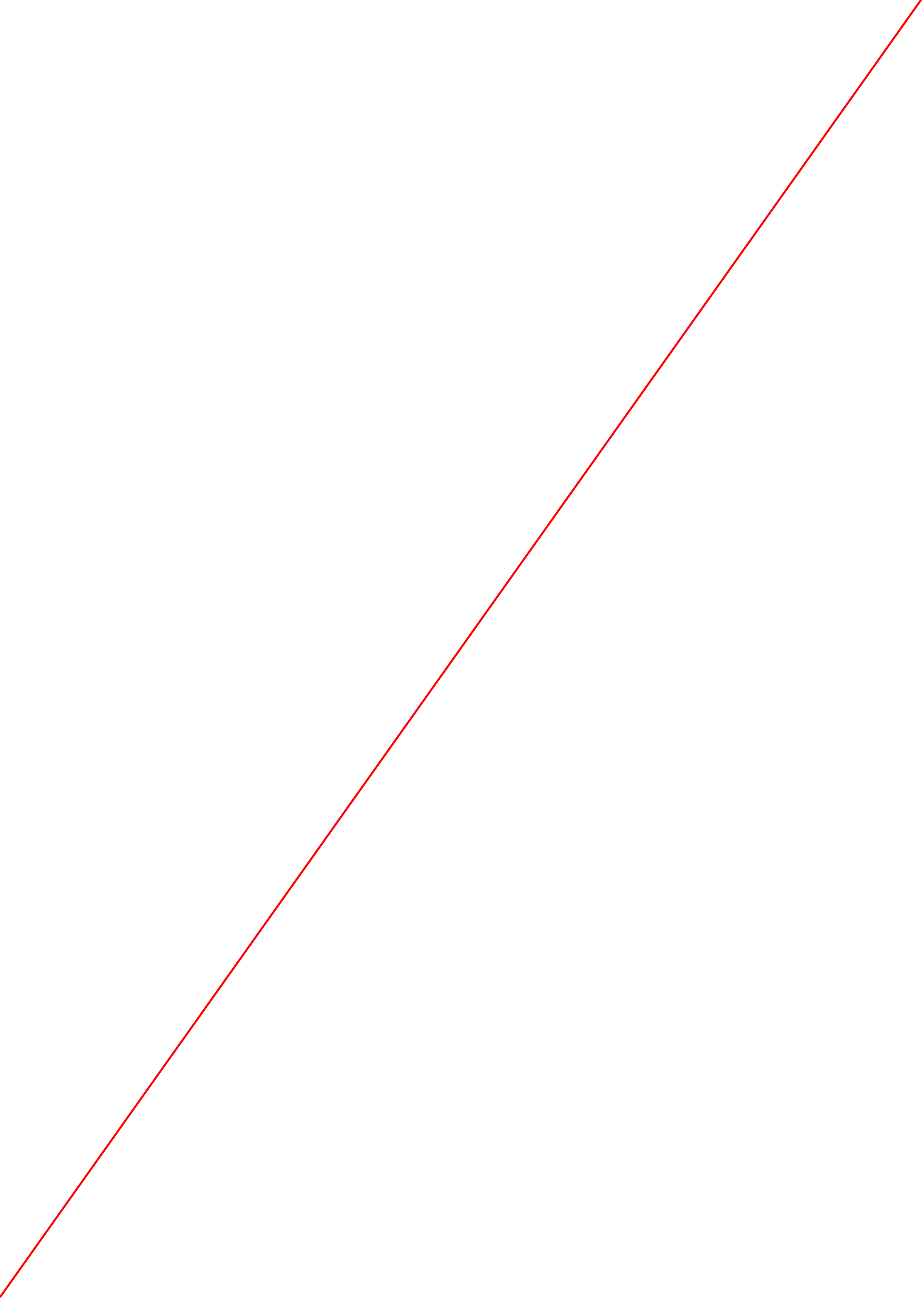
4ً ـ عند إجراء عملية الشحن يجب أن تكون أغطية فتحات الملء مرفوعة، وأن يكون مكان

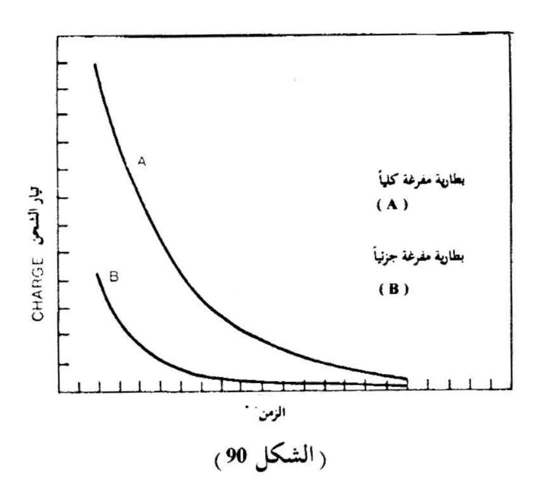


(شكل 85)

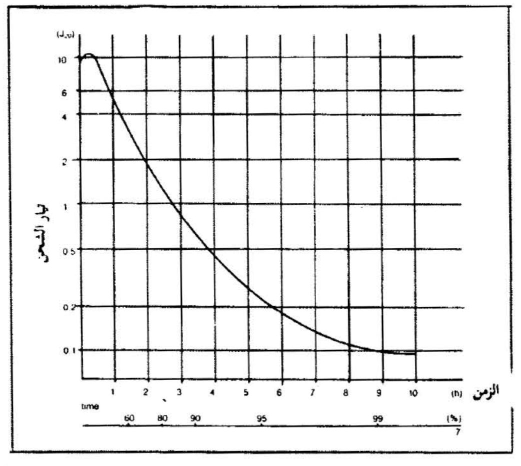
توتر الشحن المناسب عند درجات حرارة مختلفة لبطارية قلوية







(الشكل 90)



(الشكل 91)

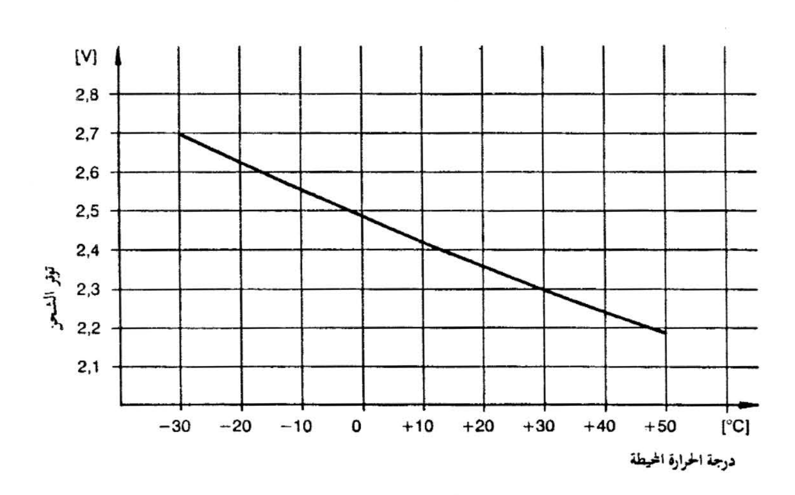
و (الشكل 91) يوضح تيار الشحن لبطارية حمضية عند الشحن على توتر ثابت قيمته 2,25 فولت لكل خلية ، عندما لا يكون في دارة الشحن أي محددات للتيار . حيث J_{20} يرمز إلى التيار الإسمي الناتج عن تفريغ البطارية على مدى 20 ساعة ، ويمثل محور العينات أضعاف قيمة ذلك التيار ، في حين يمثل محور السينات الزمن بالساعات . وذلك لبطارية جرى تفريغ 80٪ من سعتها على تيار معدل تفريغ خمس ساعات .

ويعتمد تيار بدء الشحن في طريقة الشحن على توتر ثابت على عوامل عديدة أهمها :

1ً ــ حجم البطارية ونوع ألواحها (الأمبير / ساعة ، أبعاد الألواح ، أبعاد البطارية نفسها) .

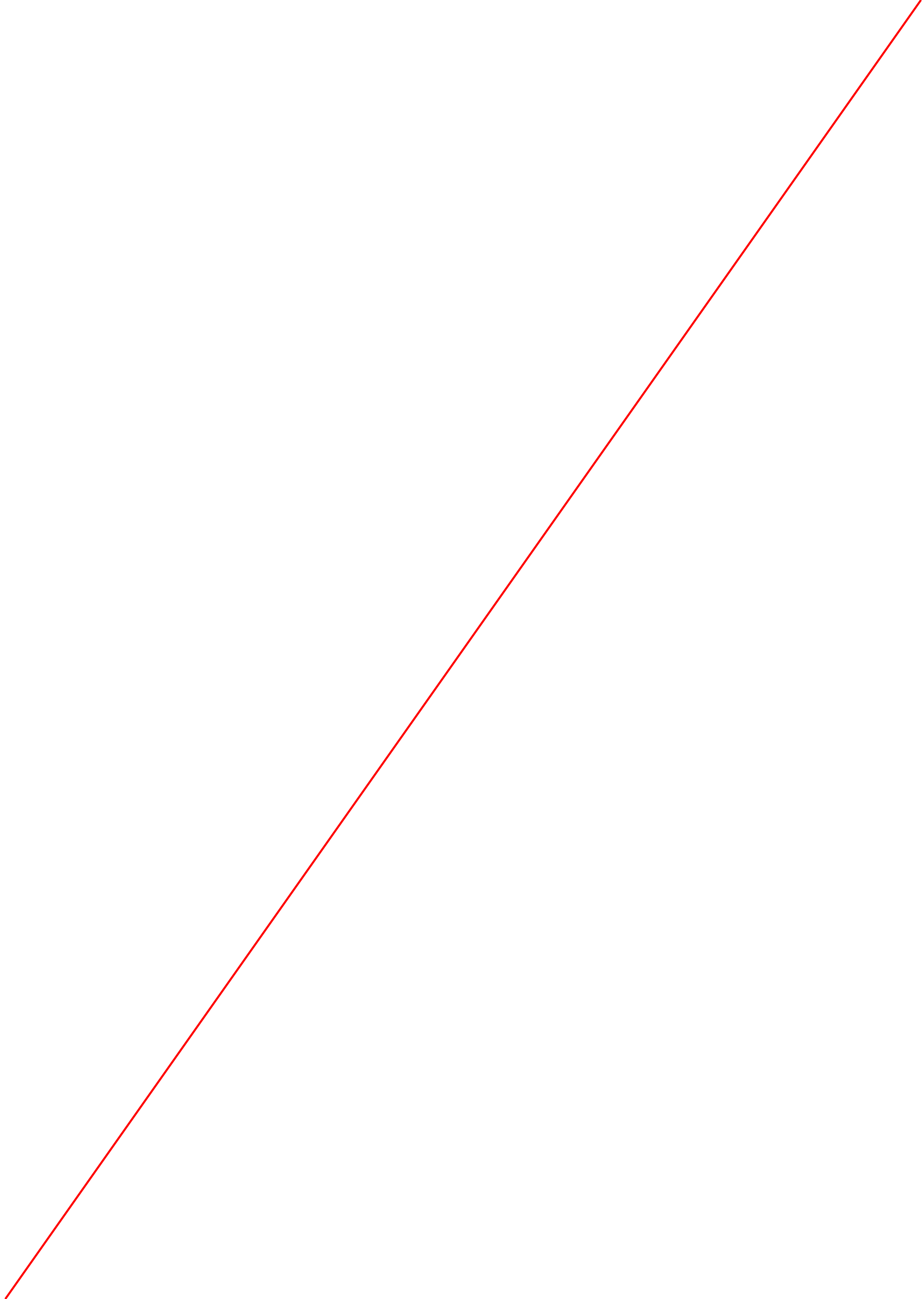
2ً ــ التوتر الذي يعطيه الشاحن، إذ كلما ارتفع هذا التوتر كان تيار الشحن أكبر.
3ً ــ قدرة الشاحن على إعطاء تيارات كبيرة.
4ً ــ درجة تفريغ البطارية، حيث إن البطارية المفرغة بشكل كامل تتقبل تياراً أكبر من تلك المفرغة جزئياً.
5ً ــ درجة حرارة البطارية: إذ إنه كلما ارتفعت درجة الحرارة أدى ذلك إلى انخفاض (انضغاط) التوتر المتشكل عن الشحن فيها، كلما ازداد تيار الشحن. لذلك تؤخذ قيمة التوتر الثابت للشاحن بحيث تكون أصغر عند درجات الحرارة الأعلى. وهذه نقطة هامة جداً. فإذا اعتمدنا قيمة توتر صغيرة عند درجة حرارة منخفضة نسبياً، فإن البطارية لن تصل إلى درجة الشحن الكاملة. في حين أن اعتماد قيمة توتر عالية للشحن في درجة الحرارة غير المنخفضة، يؤدي إلى أضرار في البطارية نتيجة استمرار مرور تيار عالٍ نسبياً، بالرغم من انتهاء الشحن يؤدي إلى استهلاك ماء البطارية، وخروج غازات بكثرة تؤثر على العوازل (الاكسجين).

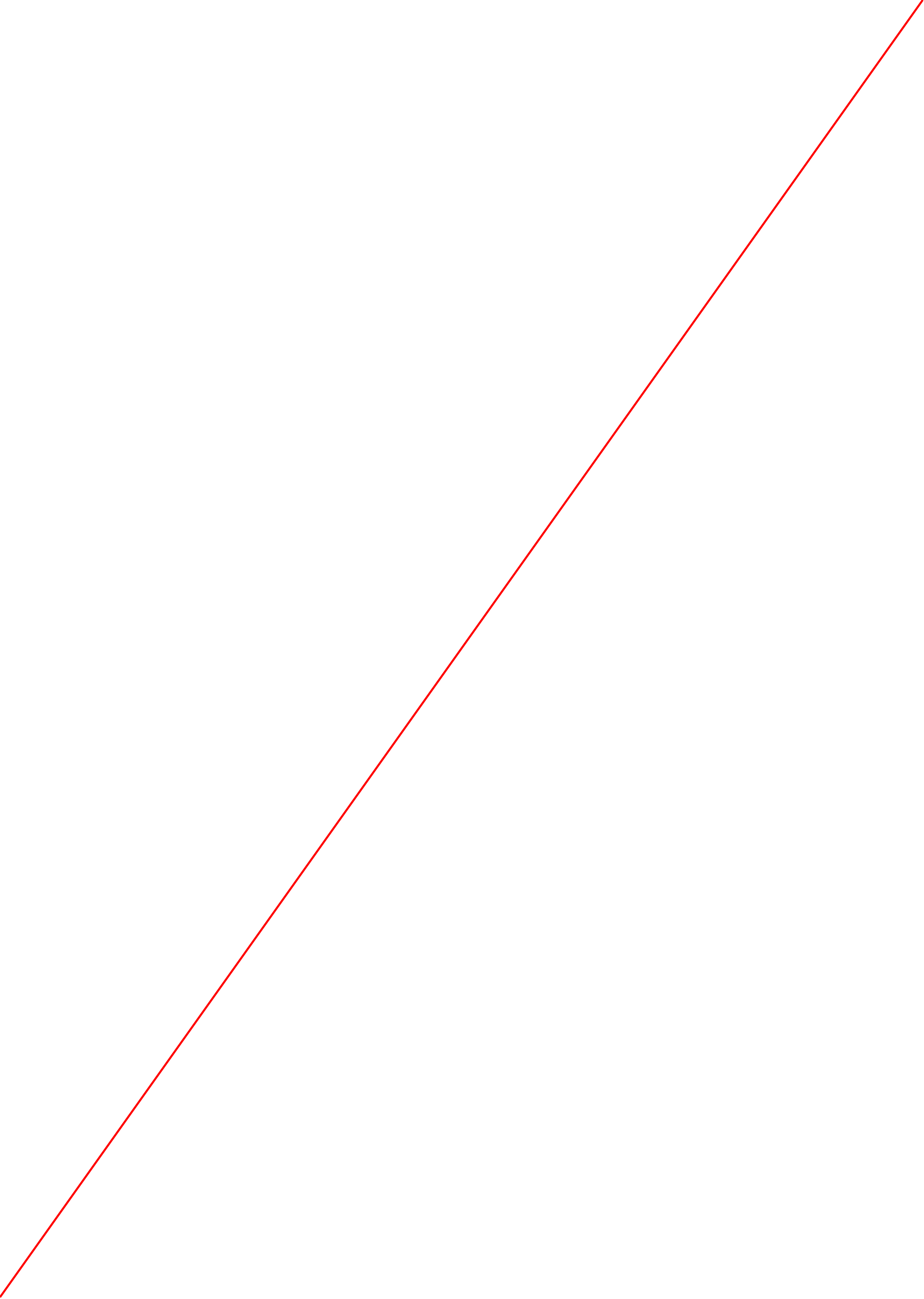
لذلك يجري اعتماد قيم معينة لتوتر الشاحن، وفقاً لدرجات الحرارة المختلفة، مع ضرورة الكشف الدوري على قيمة توتر الشاحن، وإعادة تعييره كلما اقتضى الأمر.



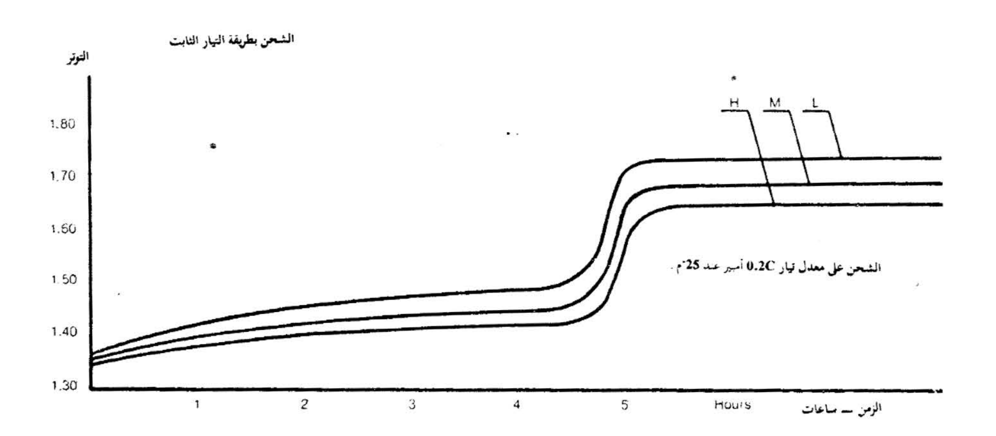
(شكل 92)

توتر الشحن على طريقة التوتر الثابت عند درجة حرارة معينة بالنسبة لبطارية رصاصية حمضية جافة





ويعتمد زمن الشحن وفق هذه الطريقة على حجم البطارية (سعتها) ، ودرجة الشحن التي تحملها (إن لم تكن جديدة) وعلى مقدار تيار الشحن المطبق عليها . وعادة تنصح كل شركة بتيار معين وزمن معين لكل بطارية تنتجها .



94 ـــ ب ـــ

منحني التوتر ـــ زمن عند الشحن على طريقة التيار الثابت لبطاريات قلوية عالية التيار H ومتوسطة M ومنخفضة التيار L

ويتراوح تيار الشحن بين 0.1Cs أمبير (عُشْر تيار معدل تفريغ البطارية على مدى خمس ساعات) و 0.4Cs (أربعة أعشار نفس المعدّل) .

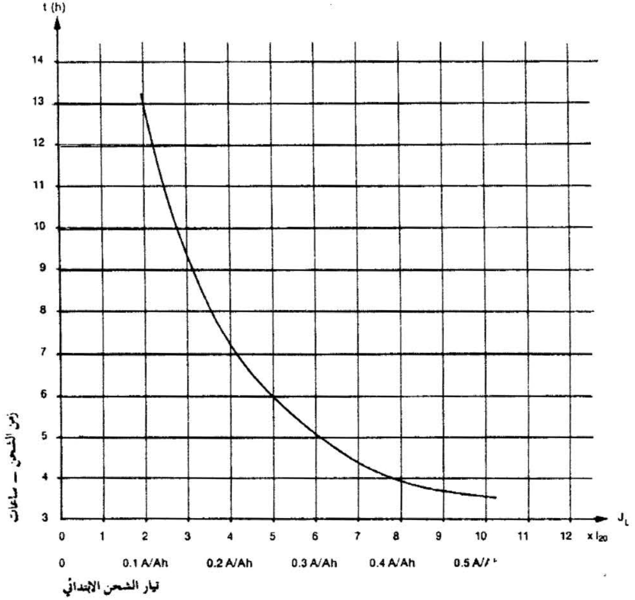
والاختيار بين هاتين القيمتين يعتمد على نوع البطارية ، هل هي مخصصة لتيارات عالية ، أو متوسطة أو منخفضة ، وكذلك درجة الحرارة .

ويجب الانتباه إلى أن اعتماد تيار أكبر من التيار المناسب يؤدي إلى توليد حرارة زائدة ، وفقد كبير في ماء السائل الكهرليتي .

ويتم التحكم بثبات التيار عن طريق وضع مقاومات متغيرة (تتحمل تيار الشحن) على التسلسل مع البطاريات ، تقوم بمنع ازدياد التيار في بداية الشحن عن القيمة المطلوبة ، ثم وعن طريق إخراج أجزاء منها عن الخدمة بالتدريج ، نحصل على المحافظة على قيمة تيار الشحن .

وتمتاز هذه الطريقة : بأن دارة الشحن بسيطة ، ومن السهل قياس القيم الناتجة . كما أن

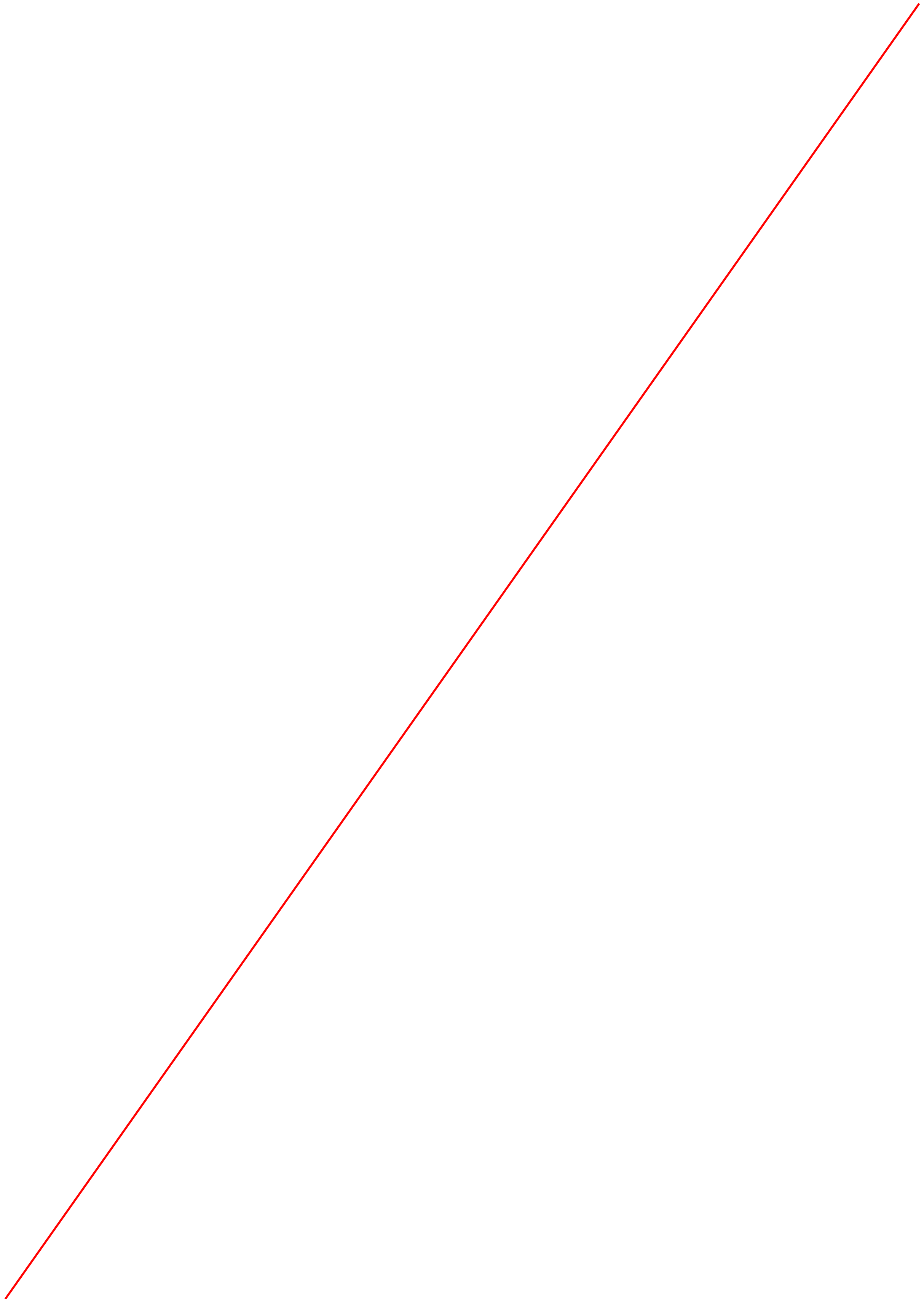
البطارية المشحونة بهذه الطريقة تكون بحالة تجانس وتوازن في الشحن. لكن استهلاك الماء فيها أكبر من الماء المستهلك عند الشحن على طريقة التوتر الثابت وتستغرق زمناً أطول أيضاً. والمنحني في (الشكل 95) يوضح زمن الشحن اللازم للحصول على 90٪ من الشحن الكامل عند تيارات مختلفة القيمة.



(شكل 95)
زمن الشحن اللازم للحصول على 90٪ من الشحن الكامل عند
تيارات مختلفة القيمة

حيث يعبر محور السينات عن أضعاف تيار معدل التفريغ على مدى عشرين ساعة (أي التيار الذي يستمر من بطارية لمدة عشرين ساعة يصل التوتر عندها إلى قيمة توتر نهاية التفريغ المسموحة). أما محور العينات؛ فيعبر عن الزمن بالساعات، بالنسبة لبطارية رصاصية حمضية جافة.

كما يمكن اعتماد طريقة شحن بتيار ثابت على مرحلتين أو مستويين: حيث يبدأ الشحن بتيار أكبر من تيار التفريغ على مدى 5 ساعات إلى أن يصل توتر الخلية الواحدة إلى 1,5 فولت للنوع القلوي و 2,45 فولت للبطارية الرصاصية الحمضية. (عند الوصول إلى هذه القيمة في التوتر يبدأ انطلاق الغازات من البطارية، أو قبل ذلك بقليل). ثم يخفض التيار إلى تيار التفريغ على معدل خمس ساعات.



1ً ــ **تنطبق** الفقرة الأولى في دلائل انتهاء الشحن للبطارية الرصاصية الحمضية على البطارية القلوية . وهي أن بدء انطلاق الغازات يدل على الوصول إلى 80 ــ 90٪ من الشحن الكامل .

2ً ــ كما ذكرنا سابقاً لا يمكن اعتماد قيمة كثافة السائل الكهرليتي كدليل على درجة الشحن لعدم وجود علاقة بينهما .

بينما يدل توتر البطارية على درجة الشحن ، بحيث نلاحظ ازدياد قيمة توتر البطارية الموضوعة تحت الشحن من خلال القياسات ، التي يجب أن تجري كل ساعتين أو ثلاث ساعات ، وبعد بدء انطلاق الغازات بشكل واضح ووفير نجري عملية القياس كل ساعة ، وتكرار نفس القيمة المقاسة خلال قياسين متتاليين ، يدل على انتهاء عملية الشحن ، ووصول توتر الخلية الواحدة إلى 1,4 — 1,6 فولت .

1 ــ 2 ــ 4 ــ طريقة الشحن النبضي : وفيه عدة أنواع بعضها يستخدم طريقة نبضة تيار بقيمة ثابتة ، أو نبضة تيار ناتجة عن تطبيق توتر نبضي قيمته ثابتة (كلمة نبضي هنا غير دقيقة تماماً ، لأن زمن تطبيق قيمة التيار وفترة توقفه أطول بكثير نسبياً من أن يقال عنها نبضة) .

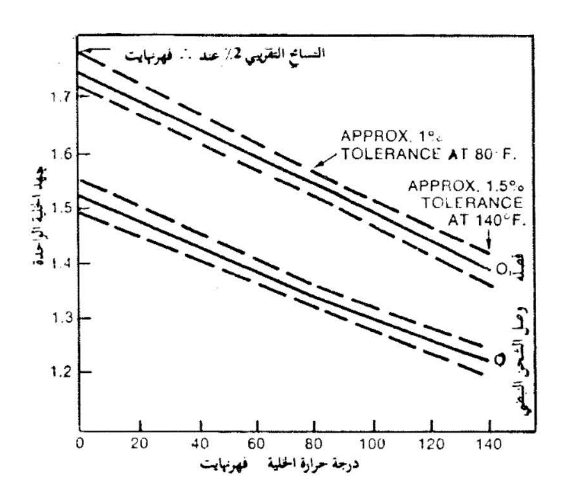
حيث يرتفع توتر البطارية المشحونة عند تطبيق ما اصطلحنا على تسميته بنبضه ، إلى أن يصل إلى قيمة معينة يتوقف الشحن عندها ، وتسمى نقطة الفصل . فينخفض توتر البطارية إلى أن يصل إلى قيمة معينة أخرى تسمى نقطة الوصل . فيعود الشاحن إلى العمل وهكذا ينتج لدينا سلسلة من نبضات التيار ، تبعاً لاهتزاز التوتر بين قيمتين معينتين تزداد قيمة نقطة الفصل فيها تدريجياً ، إلى أن يتضاءل التيار ليصبح مشابهاً لتيار نهاية الشحن وفق طريقة التوتر الثابت (الشكل 96) .

ويجري مراقبة درجة حرارة البطارية خلال عملية الشحن لمنعها من تجاوز حد معين . وتقوم بعض الشواحن التي تعمل على هذه الطريقة بتقديم عدد من النبضات محددة مسبقاً تتبع بتيار شحن ثابت لمدة محددة ، أو للوصول إلى قيمة توتر محددة . ويتبع ذلك بتيار عائم صغير (ينتج عن تطبيق توتر ثابت) وذلك للوصول إلى الشحن الكامل .

وفي هذه الطريقة من الشحن نمنع تضاؤل (اضمحلال) سعة البطارية ، بالإضافة إلى أن

فقد الماء فيها محدود . وهي تستخدم في الغالب بالنسبة لبطاريات الطائرات ويعد الشاحن من هذا النوع في الطائرة من الأجهزة الرئيسية فيها . و (الشكل 96) يوضح توتر الفصل والوصل بالاستناد إلى درجات الحرارة عند الشحن النبضي . حيث يكون قيمة توتر الوصل 1,25 فولت لكل خلية وتوتر الفصل 1,42 فولت لكل خلية عند الدرجة 140 فهرنهايت 60°م ، بينما تكون هاتان القيمتان 1,53 و 1,75 فولت لكل خلية عند ∴ فهرنهايت أو −20°م وذلك بالنسبة للبطاريات من النوع القلوي .

كما يمكن الشحن بطريقة التيار المتناقص ، حيث تعتمد هذه الطريقة على الشحن بتيار عالٍ نسبياً (يمكن أن يقال أنه تيار إقلاع في الشحن) ؛ ثم يتناقص هذا التيار ، وتناقصه يستمر طوال فترة الشحن ، على حين أن توتر البطارية يرتفع كما في حالة الشحن بتيار ثابت .

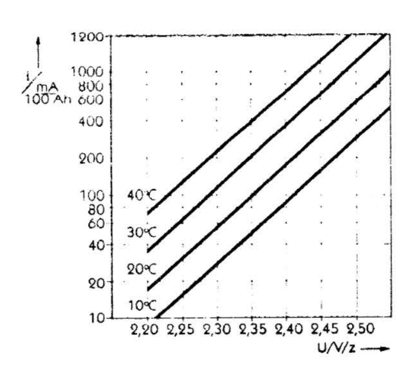


(الشكل 96)
منحنى طريقة الشحن
النبضي لبطارية قلوية نوع
نيكل كادميوم

وينصح أن يكون تيار بدء الشحن بقيمة 0,2 إلى 0,4 من سعة البطارية حيث يستمر الشحن لمدة تسع ساعات عند اعتماد القيمة الصغرى ، ويستمر لمدة ست ساعات عند اعتماد القيمة

الكبرى . ومن أجل الحصول على نتائج شحن جيدة بهذه الطريقة ، يجب أن لا ينقص تيار نهاية الشحن عن تيار الشحن بطريقة التيار الثابت .

1 ـــ 2 ـــ 5 ـــ طريقة الشحن العائم Float charge : ويطبق هذا الشحن على البطارية الكاملة الشحن عند درجة حرارة بين 15°م إلى 32°م وبواقع 1,4 فولت لكل خلية قلوية ، وهذا يعني عملياً أن البطارية 24 فولت ، المؤلفة من 19 خلية ، يمكن أن توضع تحت الشحن العائم على توتر مقداره حوالي 27 فولت وبذلك تستجر البطارية 3 ميللي أمبير لكل 1 أمبير / ساعة من سعتها ، وهذا يعني أن بطارية ذات سعة 40 أمبير / ساعة تستجر عند الشحن العائم 120 ميللي أمبير . ويتغير هذا التوتر المطبق ، تبعاً لدرجة حرارة الجو المحيط . ويعتبر الشحن العائم مطابقاً للشحن على طريقة التوتر الثابت ، إنما يختلف عنه في أمرين : الأول انخفاض قيمة توتر الشحن العائم ، الثاني : أن طريقة الشحن هذه تستخدم مع البطاريات الكاملة الشحن وليس المفـرّغة أو الجديدة . و (الشكل 97) يوضح تيارات الشحن العائم حسب التوتر المطبق عند درجات حرارة مختلفة .



(الشكل 97)

تيارات الشحن العائم على أساس تطبيق توتر شحن ثا ت عند درجات حرارة مختلفة

1 ـــ 3 ـــ ملاحظات عامة عن شحن البطاريات

1ً ـــ الجدول التالي يحدد التوترات الإسمية النظامية للبطاريات وتوترات الشحن الدنيا (والمتوسطة والعظمى للشحن العائم) ويجري ضمنها تعيير شواحن البطاريات من أجل المحافظة على البطارية بحالة شحن كامل .

2ً ـــ إن تيار الشحن بالنسبة للبطاريات يختلف حسب نو ع البطارية وطريقة الشحن ، ودرجة الحرارة ، ودرجة تفريغ البطارية .

وتبعاً لذلك يتراوح تيار الشحن كما رأينا من 3 ميللي أمبير لكل 1 أمبير / ساعة من سعة البطارية إلى خمسة أضعاف تيار معدل التفريغ على مدى خمس ساعات .

3ً ـــ نظراً لعدم توفر المعطيات الإسمية في أغلب الأحيان عند التعامل مع بطاريات مركبة وتحت العمل ، يجب عند التعامل مع البطاريات أخذ قيم تقريبية بالنسبة للشحن والتفريغ على أن تلحظ الأمور التالية خلال الشحن خصوصاً :

أ ـــ أن لا تزيد درجة حرارة البطارية عن 40°م عند الشحن ، بمعنى أنه يجب توقيف عملية الشحن عند الوصول إلى درجة الحرارة هذه .

توتر الشحن العائم		توتر الشحن الأدنى	التوترات الإسمية النظامية
المتوسط	الأعظمي		
	8.2	6	6
14	16.4	12	12
31	33	24	24
62	66	48	48
140	158	110	110
144	162	120	120
260	298	220	220
281	316	240	240
335	396	330	330

ب ـــ أن لا يستمر انطلاق الغازات لفترة طويلة ، بمعنى أن لا تتعرض البطارية لشحن زائد بعد حصولها على نسبة الشحن الكاملة

ج ــ أن لا يزيد توتر شحن البطارية القلوية عن 1,7 فولت لكل خلية .
وأن لا يزيد توتر شحن البطارية الرصاصية الحمضية عن 2,7 فولت لكل خلية .
وذلك كحد أعظمي .

د ــ أن تجري القياسات لتوتر وكثافة البطارية الرصاصية الحمضية بشكل دوري ، عند الشحن كل ساعتين أو ثلاث ساعات (بالنسبة للبطارية القلوية نقيس فقط توتر البطارية) وعند ثبات قيمة التوتر بعد انطلاق الغازات تكون البطارية قد اكتمل شحنها .

4ً ــ يفضل بالنسبة للبطاريات التي تشحن لأول مرة أن يتم شحنها على طريقة التيار الثابت ويتراوح تيار الشحن بين 0,1 إلى 0,4 من تيار معدل تفريغ البطارية على مدى خمس ساعات . وينحصر الضرر من تيارات الشحن العالية في ارتفاع درجة حرارة البطارية والتأثير الضار الناتج عن ذلك ، إذا لم تكن مقاطع الكابلات والأقطاب والتوصيلات بين الخلايا ذات مقطع مناسب . عدا عن الاستهلاك الزائد لماء السائل الكهرليتي .

5ً ــ في حالة أن البطارية تتعرض لحالة عمل لفترة قصيرة ، وغير مستمرة ، كالبطارية التي تشغل مقلعاً لآلة ما ، حيث يستجر من البطارية تيار عالٍ خلال فترة الإقلاع ، والشحن يكون عند عمل الآلية ، ينصح باعتماد التوترات التالية :

نوع البطارية حسب الاستخدام / **نوع البطارية حسب التركيب**	بطارية نوع M , H	بطارية نوع L
البطارية القلوية	1.5 ÷ 1.55 V/Cell	1.5 ÷ 1.58 V/Cell
البطارية الرصاصية الحمضية	2.45 ÷ 2.58 V/Cell	2.45 ÷ 2.6 V/Cell

وعندما يكون الحمل مع الشاحن موصلان على التفرع مع البطارية ، وعندما يزيد **تيار** الحمل أحياناً ، وبشكل غير دائم ، عن معدل شحن البطارية فيوصى باعتماد **التوترات** التالية للشاحن :

نوع البطارية حسب الاستخدام / نوع البطارية حسب التركيب	بطارية نوع H	بطارية نوع L , M
بطارية قلوية	1.5 ÷ 1.55 V/Cell	1.55 ÷ 1.60 V/Cell
بطارية حمضية رصاصية	2.45 ÷ 2.58 V/Cell	2.58 ÷ 2.66 V/Cell

6ً ــ ينصح بعدم ربط بطاريات مختلفة درجة التفريغ على التسلسل من أجل الشحن. لأن ذات التفريغ الأقل ستتعرض لشحن زائد ريثما تصل البطارية الأكثر تفريغاً للشحن الكامل.

7ً ــ بشكل عام، عند شحن بطارية ما ؛ فإنه يجب تقديم مقدار من الأمبير / ساعة أكبر من الذي سحب منها عند التفريغ، وهذا الفرق يعني عملياً شحناً زائداً، لكنه ضروري لكي تحافظ البطارية على سعتها الإسمية، ويعتمد مقدار هذا الشحن الزائد على درجة الحرارة، وطريقة الشحن ويتراوح بين 10٪ إلى 40٪ من السعة الكاملة.

8ً ــ إن تغير توتر الدخل للشاحن يؤدي إلى تغير توتر الشحن وتيار الشحن أيضاً، لذلك يجب الانتباه إلى أن زيادة توتر الدخل تعني تعريض البطارية لزيادة شحن، أو تعريض محولة الشاحن لحمل زائد. وانخفاض التوتر هذا يؤدي إلى عدم قدرة الشاحن على إعادة شحن البطارية.

1 ــ 4 ــ الشواحن

إن المصدر الذي يمد البطارية بالطاقة الكهربائية على شكل تيار وتوتر مستمرين يسمى شاحن البطارية، ويمكن أن يكون جهازاً ثابتاً بالنسبة للبطاريات الثابتة ؛ أي التي تستخدم من أجل تغذية تجهيزات ثابتة، كمجموعات التوليد، أو أجهزة التغذية عند الطوارئ أو أجهزة التغذية بدون انقطاع ....

أو أن يكون هو نفسه آلة دوارة كهربائية، كما هو الحال في الآليات المتحركة على مختلف أنواعها. وفي هذه الحالة يكون الشاحن عبارة عن مولدةً تيار مستمر تقوم عند دوران محرك الآلية بتقديم التيار اللازم لشحن البطاريات الخاصة بهذه الآلية، إضافة إلى تقديم التيار اللازم لمختلف تجهيزات هذه الآلية، إنارة، إشارات، زمور .....

وفي هذه الحالة يتوجب وجود أداة للتحكم ــ تسمى بالمنظم ــ تقوم بتنظيم شحن البطارية ونقل مصدر تغذية تجهيزات الآلة إلى البطارية عند عدم عمل محركها ، وإلى مولدة التيار المستمر ــ الدينامو ــ عند دوران المحرك بالسرعة التي تجعل توتر الدينامو مساوياً أو أعلى من توتر البطارية .

وقد اعتمدت بعض الشركات حديثاً مولدات التيار المتناوب ، بدلاً من مولدات التيار المستمر ، نظراً لكون الأولى أقل كلفة وأبسط تركيباً ، ويتم وضع جسر تقويم مناسب لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر . وبساطة التركيب تلك ناتجة عن عدم وجود فحمات ، ومجمع ، والدائر فيها أصبح أداة التحريض (أي يحوي طراريح مثل ثابت الدينامو) ، ويمكن أن تكون مولدة التيار المتناوب ذات تهييج ذاتي وبذلك ليست بحاجة إلى تهيج خارجي ، كما هو الحال في مولد التيار المستمر ــ الدينامو ــ ولن نتعرض بالتفصيل لتركيبه ، كونه جزءاً من الآلية ، بل سنتناول بالتفصيل الشواحن الثابتة التي تتركب بشكل أساسي من الأجزاء التالية :

1ً ــ المحولة : وهي الجهاز الذي يتم بواسطته تحويل قيمة التوتر المتناوب الإسمي المتوفر (ويمكن أن يكون 110 أو 220 أو 380 أو 440 أو 660 فولت) إلى توتر البطاريات المستخدمة سواءٌ أكان هذا التوتر 6 فولت ، أو 12 فولت أو 24 فولت ... وبنفس الوقت تقوم المحولة بعمل عزل كهربائي بين الدارة المتعلقة بتوتر الدخل والدارة المتعلقة بتوتر الخروج .

2ً ــ جهاز التقويم : ويمكن أن يكون عبارة عن جسر تقويم من ثنائيات أنصاف ناقلة (ديودات Diodes) ، أو أن يحوي هذا الجسر عنصري ثايرستور من أجل التحكم بتوترات الشحن .

3ً ــ مقياس تيار ومقياس توتر مستمرين لقياس تيار الشحن وقيمة توتر البطاريات .

4ً ــ تجهيزات الحماية ومفاتيح التحكم ، ولمبات الإشارة .

ويتوفر في السوق ما يسمى بالشواحن الآلية أو الشواحن اليدوية ، حيث تجهز الأولى بحساس لمقدار توتر البطارية ، يقوم بفصل تغذية الشاحن عند وصول توتر البطارية إلى حد معين (يمكن أن يكون قابلاً للتعيير) ، ثم يقوم بإعادة وصل التغذية ، أي شحن البطارية عند انخفاض توترها عن حد معين (قابل للتعيير أيضاً) وبذلك يحافظ على توتر البطارية ، محصوراً بين هذين الحدين . ويمكن وضع لمبات إشارة تدل أن الشاحن في حالة عمل أو توقف ، أو أن توتر البطارية أقل من التوتر النظامي .

ويؤخذ على هذه الشواحن الآلية أنها تعتمد على توتر البطارية على اللاحمل ، وهذه القيمة

لا تدل بشكل دقيق على درجة شحن البطارية . بمعنى أن توتر البطارية ينخفض عند وجود استهلاك فعلي عليها ، لكن بعد توقف استجرار التيار من البطارية بفترة قصيرة يعود توترها إلى القيمة ، التي يتوقف معها الشحن ـــ نتيجة وجود حساس لمقدار توتر البطارية ـــ دون أن يتم شحن البطارية إلى درجة الشحن الكامل المطلوبة . ولذلك غالباً ما تفاجئنا البطارية المشحونة بمثل هذه الشواحن ، بكونها غير جاهزة بالشكل المطلوب .

لذلك ينصح من أجل البطاريات الهامة أن يتم المحافظة على شحنها بطريقة الشحن العائم . وهذا يتطلب أن يجهز الشاحن بإمكانية ضبط توتره بشكل دقيق للحصول على معدل 3 ميلي أمبير لكل 1 أمبير / ساعة في البطارية ، إذا كانت قلوية ، وأكثر من ذلك بقليل إذا كانت رصاصية حمضية . مع إجراء دورة تفريغ وشحن عميقين بشكل دوري (كل أسبوعين ، أو شهر) مع مراقبة عمل الشاحن ورد فعل البطارية (نقص ماء السائل ، فحص التوتر على البيزوميتر ، قراءة درجة كثافة السائل ـــ بالنسبة للبطارية الحمضية الرصاصية ـــ وحالته) .

وأهم الطرق في الحصول على توتر الشحن المطلوب من أجل التحكم بتيار شحن البطارية :

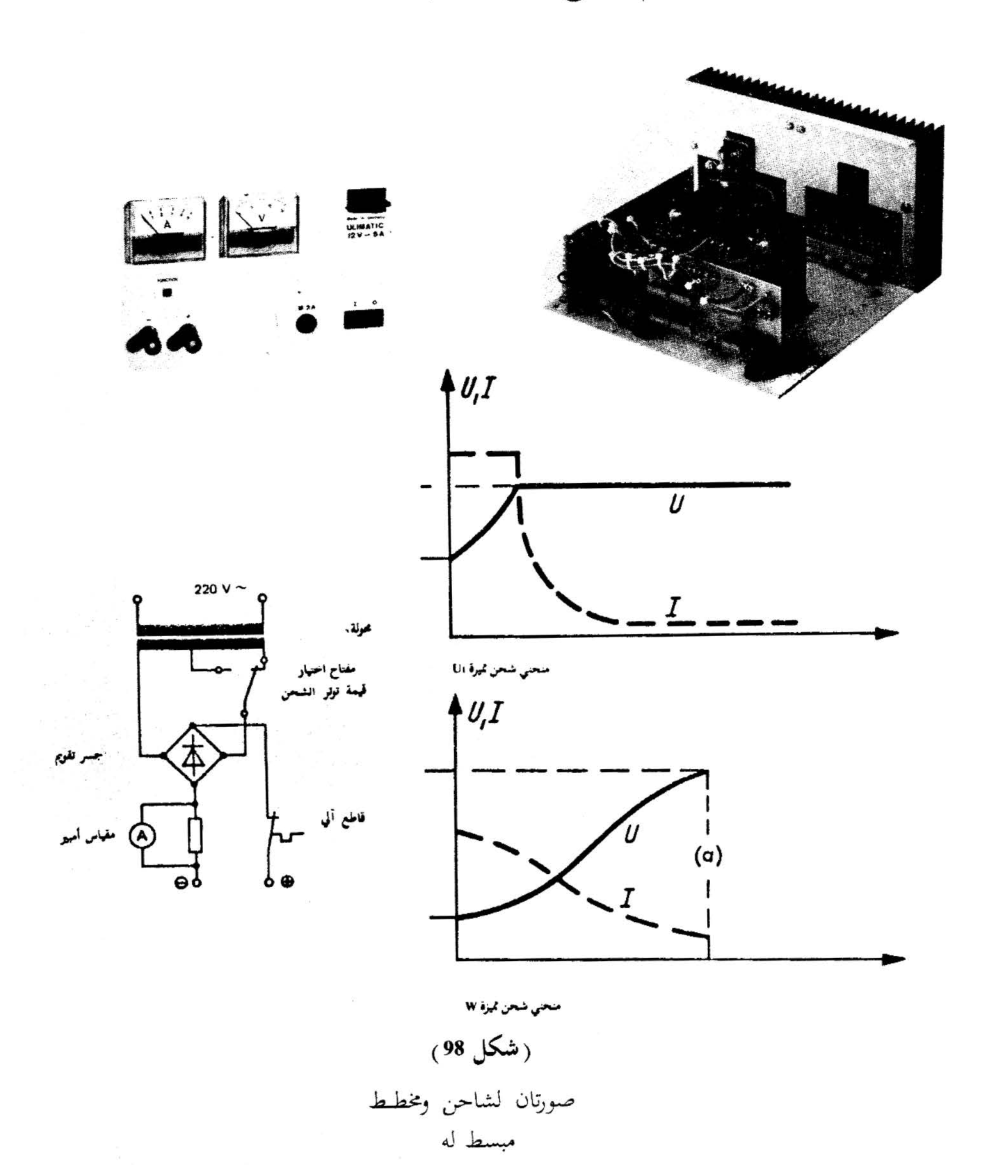
1ً ـــ أن تجهز المحولة وفي ملفها الأولي (لأن التيار في الملف الابتدائي ـــ الأولي ـــ أصغر منه في الثانوي) بعدد من الأطراف ، بحيث نحصل على تدريج معقول في توتر الثانوي ، عندما نمرر توتر تغذية الشاحن على هذه الأطراف تباعاً .

2ً ـــ أن تصمم المحولة بحيث يكون توتر الخرج أعلى قليلاً من التوتر المطلوب ، وبحيث يكون في جسر التقويم عنصرا ثايرستور ، يقوم هذان العنصران وبواسطة دارتي قدحهما بإعطائنا التوتر المستمر بالقيمة المطلوبة ، حسب تحريك المقاومة المتغيرة المربوطة إلى دارتي قدح هذين الثايرستورين .

لذلك ينصح بالنسبة للورشات المخصصة لخدمة بطاريات أن تحوي نوعين من الشواحن الأول لشحن البطاريات الجديدة أو التي تم إصلاحها ، أو البطاريات التي تختبر سعاتها . ويتوفر في هذا الشاحن ، إمكانية الشحن بالتيار الثابت أو التوتر الثابت مع القدرة على إعطاء تيار كبير يغطي الحاجة حسب سعة البطاريات موضوع العمل . وبينما تجهز البطاريات الموضوعة ضمن الخدمة بشواحن قابلة للتعيير بحيث توضع تلك البطاريات تحت الشحن العائم ، والمراقبة .

ملاحظة هامة

بالنسبة للبطاريات المستخدمة لإعطاء تيارات كبيرة لفترة قصيرة (تيارات إقلاع ....) والمربوطة على الشاحن والحمل بشكل دائم، يجب أن يكون الشاحن بحالة فصل عند استجرار تيار الإقلاع هذا، أو أن يكون ذلك الشاحن مزوداً بمحددات تيار، بحيث لا يتعرض لحمل زائد، نتيجة استجرار تيار كبير منه فيما لو لم تستطع البطارية تقديم ذلك التيار.



(شكل 98)

صورتان لشاحن ومخطط
مبسط له

الفصل الخامس

البطاريات الأولية (أو الصغيرة ـــ أو الجافة)

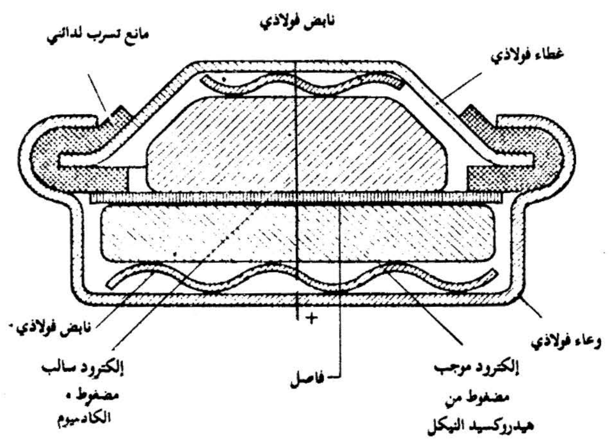
1 ـــ البطاريات الأولية

أو البطاريات الجافة ، أو البطاريات الصغيرة : وهي البطاريات المختلفة الأنواع والتي تشترك جميعاً بأنَّ حجمها صغير ، ويتراوح بين البطاريات المفلطحة (متوازي مستطيلات) الكبيرة نسبياً ، مروراً بالبطاريات الأسطوانية الطولانية الكبيرة والمتوسطة والصغيرة ، حتى البطاريات الصغيرة التي يصل الصغير جداً منها إلى حجم حبة العدس .

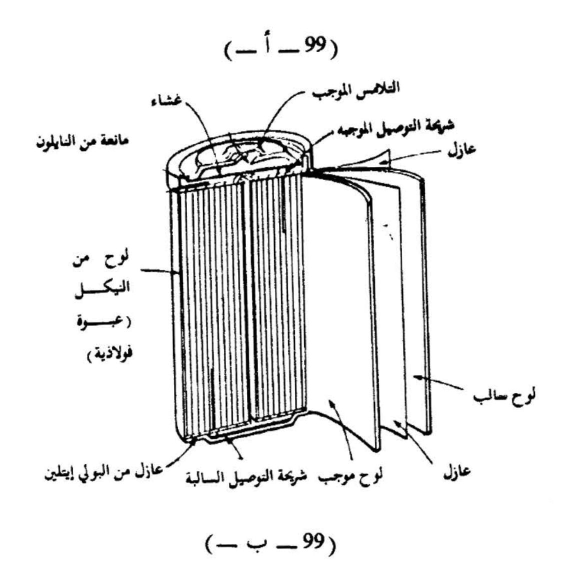
وتحوي هذه البطاريات ـــ كغيرها ـــ قطبين أحدهما موجب والآخر سالب ، وغالباً ما تشكل العبوة الخارجية منها القطب السالب ، ويمكن أن يكون القطبان في جهتين متقابلتين من البطارية أو في جانب واحد منها .

كل هذه البطاريات الصغيرة غير قابلة لإعادة الشحن ، عدا بطاريات النيكل كادميوم ، التي تصنع بنفس مبدأ البطاريات القلوية الكبيرة تماماً ، إنما السائل الكهرليتي فيها لا يكون سائلاً ، بل بشكل عجيني ، بالإضافة إلى الحجم الصغير الذي يمكن أن يصل إلى حجم الزر . وهذه يمكن أن يصنع منها نماذج تكون محكمة الإغلاق تماماً ، بحيث لا يتكون فيها غاز الهيدروجين . أما غاز الأكسجين المتكون فيها ، فيستخدم في نفس تفاعلات البطارية وبذلك يتم تلافي تكون غازات

منفجرة وينصح في مثل هذه البطاريات بعدم تخطي تيار الشحن الموصى به . والشكل التالي يبين رسماً تمثيلياً لمثل هذه البطارية . وسنتناول فيما يلي المميزات والاستعمالات الرئيسية لكل نوع ، بالإضافة إلى شرح تفصيلي لتركيب وتفاعلات نوعين رئيسيين منها . وذلك بعد تتبع متطلبات العناية اللازمة لها .



(99 ــ أ ــ)



(99 ــ ب ــ)

(شكل 99)

99 ــ أ ــ بطارية نيكل كادميوم على شكل رز

99 ــ ب ــ بطارية نيكل كادميوم أسطوانية مختومة

1 ـــ 1 ـــ إجراءات وتعليمات العناية والصيانة اللازمتين للبطاريات الأولية

تبذل جهود كبيرة من أجل تصميم وتنفيذ بطاريات من هذا النوع ، لا تضعف بسرعة وتخدم طويلاً ، لكن معظم البطاريات الجافة تحوي موادّ فعالة قابلة للتآكل Corrosive لذلك ، يجب على المستخدم أن يتبع في طريقة تعامله مع البطارية تعليمات النشرات الفنية الخاصة بذلك ، بحيث لا يلحق أي أذىً بالبطارية ، وعموماً إذا اتبعت الملاحظات التالية ؛ فإنه يمكن للبطارية أن تعطي أحسن النتائج ، بالإضافة إلى تجنب أخطار وأضرار لا مبرر لها :

1ً ـــ إن معظم البطاريات الجافة هي غير قابلة لإعادة الشحن ، عدا البطاريات القلوية نيكل كادميوم المثيلة لهذه البطارية ، وبالتالي فإن وضعها تحت الشحن يسبب تصاعد غازات ، وارتفاع درجة الحرارة ، وهذا يمكن أن يتلف المادة الفعالة أو يسبب انفجار العبوة الحاوية على البطارية .

2ً ـــ لا تعمل دارة قصيرة بين قطبي البطارية لأن هذا يؤدي إلى إضعاف البطارية بدرجة كبيرة ، إن لم يؤدّ إلى تخريبها كلياً .

3ً ـــ إن كل البطاريات تحوي علامة مميزة لكل من القطب الموجب والسالب ، لذلك يجب الانتباه عند التوصيل ، بحيث يوصل كل قطب في مكانه ، لأن التوصيل الخاطئ ، يؤدي إلى إضعاف أو تخريب البطارية عدا عن الأضرار التي يمكن أن تنتج على الجهاز الذي ركبت عليه البطارية .

4ً ـــ لا تقـرّب البطارية من النار ، ولا تحاول أن تنشطها بالتسخين لأن الحرارة تسبب تمدداً في الغاز والمواد الكيميائية ، وهذا يضـرّ بالبطارية بشكل كبير .

5ً ـــ يجب عدم خدش أو جرح أو فتح البطارية لأن ذلك يحرر المادة المخرشة ، أو يعمل دارة قصيرة في البطارية ، عدا عن الضرر الناتج عن خروج المادة المخرشة .

6ً ـــ عند تغيير مجموعة بطاريات ، يجب تغييرها جميعاً بأخرى جديدة ، ولا يجوز الجمع في استخدام بطاريات قديمة وجديدة في آن واحد ، لأن القديمة ستتعرض لشحن قسري ، يسبب أضراراً عديدة .

7ً ـــ لا تترك البطارية في جهاز خارج الخدمة ، حيث إن الوعاء الحاوي على البطارية ـــ في

بعض نماذج البطاريات ــ يدخل بشكل ما في تفاعلات البطارية، وبالتالي فهو يستهلك مع الزمن ــ وبالتالي تصبح المادة المخرشة أو الأملاح الناتجة عن البطارية بحالة تماس مباشر مع الجهاز، وتسبب أضراراً له.

8ً ــ تأكد من أن توصيلات البطارية في الجهاز نظيفة، جافة، غير صدئة أو متآكلة ــ كما يجب أن تأخذ البطارية مكانها بشكل قوي، بحيث لا تهتز أو تكون معرضة لفصل تلامسات أقطابها.

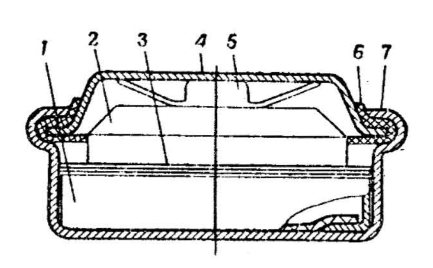
9ً ــ تجنب التعامل القاسي، أو تخريب الغلاف الخارجي للبطارية.

10ً ــ استخدم البطارية الصحيحة في المكان المناسب، إذ إن استخدام البطارية في غير مكانها، يؤدي إلى تعرض البطارية لظروف مختلفة عن الظروف التي تعطي فيها النتائج المخططة.

11ً ــ لا تتجاوز في ظروف تشغيل البطارية الظروف الموجودة في المواصفات الفنية.

12ً ــ لا تقوم بعملية لحام مباشر على علبة البطارية، لأن ذلك يمكن أن يسبب فصل بعض التوصيلات الداخلية، ويعرض البطارية لحرارة زائدة.

13ً ــ في حالة بطاريات عالية القدرة يجب عدم إجراء توصيلات بدون حمايات (فيوزات ديودات ...).

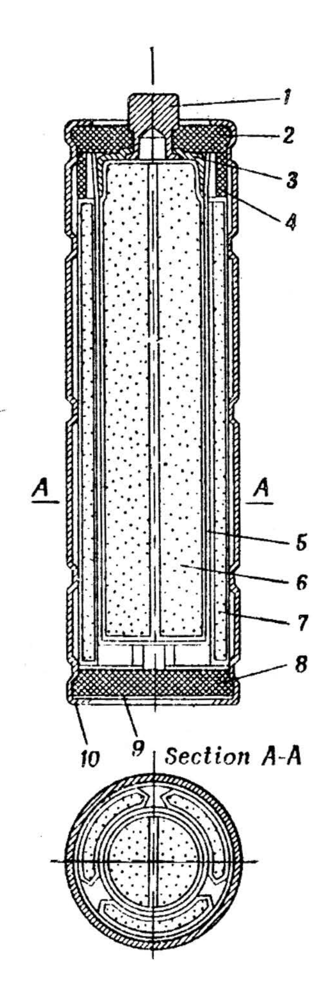


99 ــ أ ــ مكرر

بطارية نيكل كادميوم قرصية كتيمة

1 ــ القطب الموجب 2 ــ القطب السالب 3 ــ العازل 4 ــ غطاء

5 ــ نابض 6 ــ رنديلة العزل 7 ــ عبوة البطارية



99 ــ ب ــ مكرر

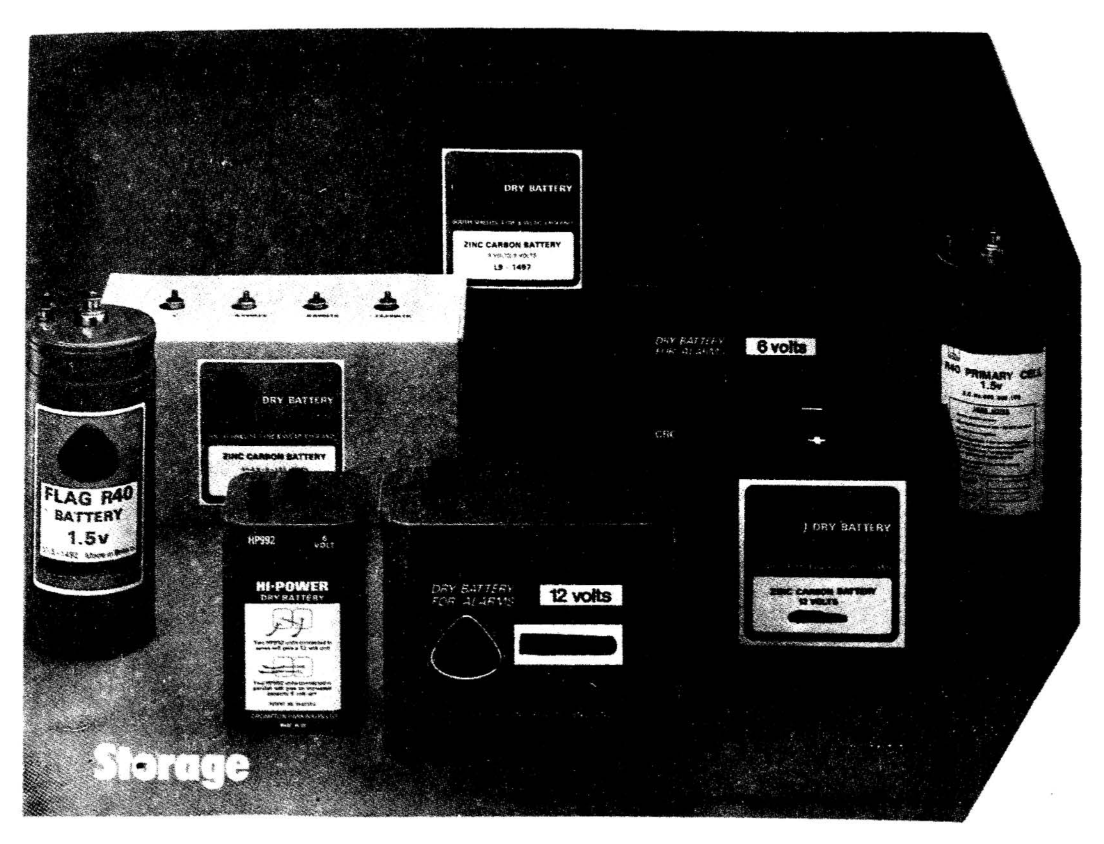
بطارية نيكل كادميوم أسطوانية

1 ــ القطب الموجب 2 ــ غطاء 3 ــ غطاء كبسولة 4 ــ حلقة مانعة 5 ــ عازل 6 ــ القطب الموجب (المادة المشكلة له) 7 ــ القطب السالب 8 ــ الجزء السفلي 9 ــ القطب السالب 10 ــ العبوة.

14ً ــ التعامل مع البطارية المخرّبة أو الممزقة : Ruptured. يخرج من البطارية الممزقة أو المنفجرة، المادة الكيميائية المخرّشة الموجودة فيها وهي على شكل سائل لزج غالباً ــ لذلك عند حدوث ذلك يجب تنظيف مكان البطارية بشكل جيد، وتجنب وصول هذا السائل إلى الجسم، وخصوصاً العين. عندها يجب الغسيل بكمية وافرة من الماء واستشارة المشفى مباشرة.

1 ــ 2 ــ أنواع البطاريات الأولية الجافة

1 ــ 2 ــ 1 ــ بطارية التوتياء كربون ــ بطارية لوكلانشيه: يعود اختراع هذه البطارية إلى العالم جورج لوكلانشيه George Leclanché في العام 1866م ولم يحدث سوى تغييرات طفيفة على



(شكل 100)

نماذج بطارية التوتياء كربون المستخدمة كثيراً في دارات الإنذارات الصناعية

ما وضعه ذلك العالم . حيث تم استبدال الوعاء الزجاجي ، الذي كان يحتوي البطارية بوعاء من التوتياء (علبة توتياء) ، التي تمثل بنفس الوقت القطب السالب ، كما تطورت فعالية (أداء Performance) هذه البطارية عبر السنين ، وهي البطارية الجافة الأكثر انتشاراً ومصادفة بشكل يومي . ويمكن حالياً صنع نماذج خاصة من هذه البطارية لأغراض خاصة (كإعطاء تيار عالٍ نسبياً وقدرة خزن طويلة) . وذلك عبر ترتيبات وتعييرات خاصة في الخليطة الكيميائية عند إنتاج هذه البطارية . أما القطب الموجب في هذه البطارية ، فهو مؤلف من الكربون وثاني أكسيد المنغنيز ، والسائل الكهرليتي عبارة عن كلور الأمونيوم NH_4Cl (وهو ليس بحالة سائلة ، كما أنه ليس بحالة جافة بل بشكل عجينة لزجة ، ومن هنا نستنتج كما في البطاريات الصغيرة الأخرى أن تسميتها بالبطارية الجافة غير دقيقة) .

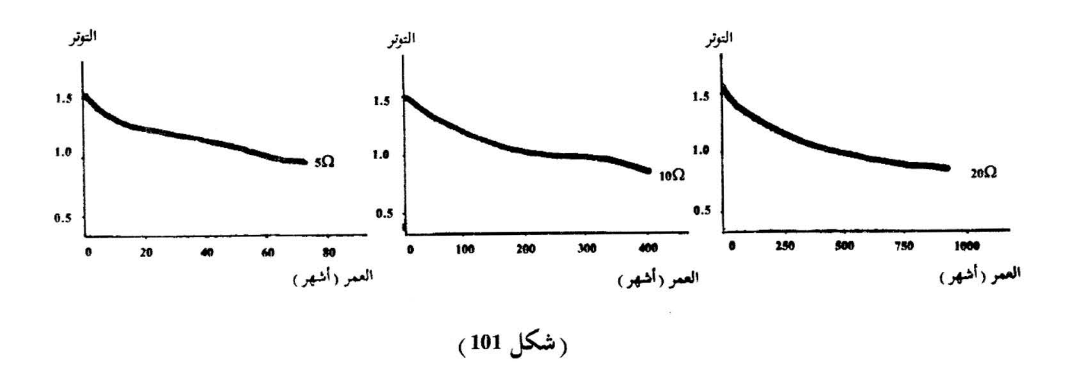
وليس الشكل الأسطواني هو الشكل الوحيد لإنتاج مثل هذه البطاريات بل يمكن صنعها بأشكال مختلفة كما هو واضح في (الشكل 100) .

وحالياً يمكن الحصول على بطاريات من نفس النوع يتراوح مجال توترها من 1,5 فولت حتى 500 فولت ، بالإضافة إلى سعة كبيرة نسبياً عن طريق مجموعة من الخلايا مزبوطة معاً على التسلسل والتفرع .

مميزات هذا النوع من البطاريات

1ً ــ الكلفة الصغيرة .

2ً ــ توتر البطارية مع الحمل بالنسبة إلى الكلفة لا بأس به (من الطبيعي أنه كلما ارتفعت استطاعة الحمل ــ هذا يعني انخفاض مقاومته ــ حدث التفريغ بزمن أقل) . كما هو واضح في (الشكل 101) .



(شكل 101)

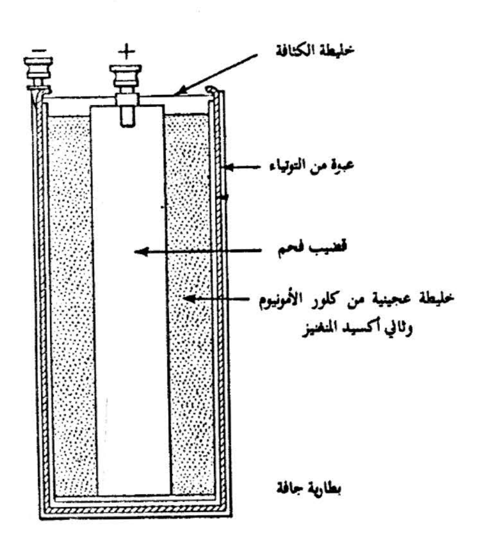
3ً ــ هناك مجال واسع نسبياً من السعات ، أو القدرة على إعطاء تيارات .

4ً ــ قابلية جيدة للخزن .

التطبيقات : يمكن استخدام مثل هذه البطارية في : دارات الإنذار ــ تجهيزات الصيانة ــ أجهزة الإنارة المنبهة ــ تجهيزات مخبرية ــ تجهيزات طبية ــ مقاييس الرطوبة ــ المساعدات الملاحية ــ أجهزة الإرسال والاستقبال النقالة ــ السكك الحديدية ــ الهاتف والبرق وغير ذلك .

تركيب البطارية والتفاعلات الكيميائية فيها : كما في (الشكل 102) نلاحظ أن هذه البطارية تتركب من القطب الفعال ، الذي هو عبارة عن أسطوانة من التوتياء ، وتقوم بالإضافة إلى أنها القطب

السالب بدور الوعاء أو العبوة ، وهي معزولة عن الوسط الخارجي عدا نقطة التلامس ـــ أما القطب غير الفعال ، فهو عمود من الفحم يقوم بدور الناقل الكهربائي فحسب ، وليس له أي دور كيميائي .



(شكل 102)

والسائل الكهرليتي هو كلور الأمونيوم NH_4Cl المحلول في الماء ضمن نسبة معينة ، وهو مكثف بحيث يصبح بشكل لزج جداً ، أو بشكل عجيني بإضافات معينة ، وعملياً يجب الانتباه إلى أن فقد أو تسرب الرطوبة الموجودة في هذه العجينة ، التي هي في أساسها محلول كلور الأمونيوم يؤدي إلى انعدام مفعول البطارية ، أو فقدها إمكانية إعطاء أية قدرة كهربائية .

أما التفاعل الكيميائي فهو كما يلي :

يتحلل كلور الأمونيوم في الماء إلى الشاردتين Cl^- ، NH_4^+ ، وتنفصل عن وعاء التوتياء شاردة التوتياء Zn^{++} نتيجة تأين ذرات منه ، وتنتقل إلى السائل الكهرليتي ، حيث تتحد مع شاردة الكلور ، ويتشكل كلور التوتياء ـــ الزنك ـــ وفق المعادلة

$$Zn^{++} + 2Cl^- \longrightarrow ZnCl_2$$

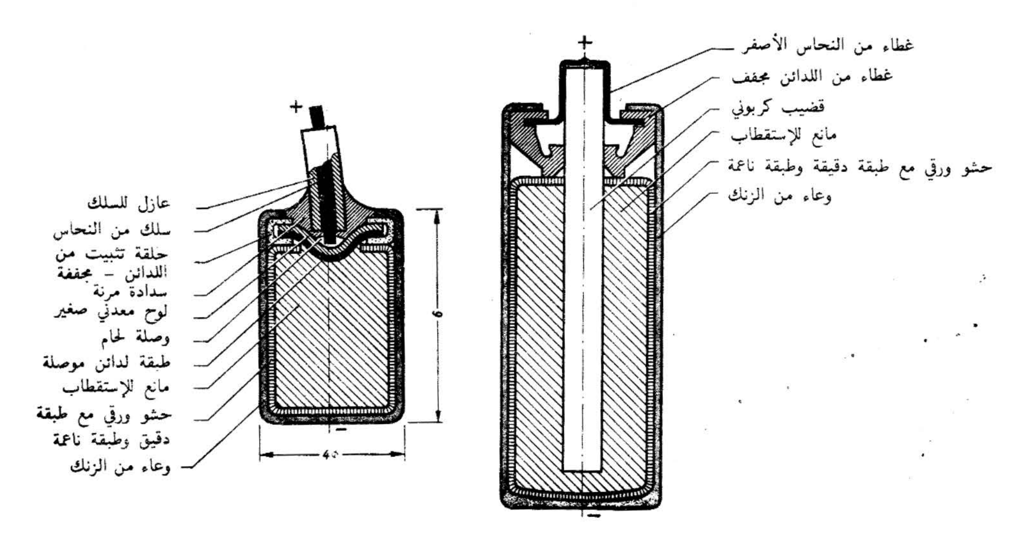
ومن الناحية الأخرى فإن كل أيون زنك ينفصل عن الوعاء يترك إلكترونين على هذا الوعاء

(الذي هو القطب السالب)، وهذه الإلكترونات تنتقل عبر الحمل الخارجي وعبر قطب الكربون (الذي يشكل القطب الموجب) إلى السائل الكهرليتي (في الحقيقة إنه كهرليت عجيني). حيث تتفاعل مع شاردة الأمونيوم NH_4^+ وفق المعادلة التالية:

$$2MnO_2 + 2NH_4^+ + 4H_2O + 2e \longrightarrow 2NH_4OH + 2Mn(OH)_3$$

ودور ثاني أكسيد المنغنيز هو منع الاستقطاب فقط، وليس له أي دور في عمل هذه البطارية كمصدر للقدرة الكهربائية.

إن فرق الكمون بين قطبي البطارية الجافة الأسطوانية من هذا النوع في حالة اللاحمل هو 1,5 فولت، وتنتهي البطارية عادة، عندما يستهلك وعاء التوتياء لدرجة ظهور الثقوب (على صغرها)، حيث تتسرب الرطوبة المتبقية. وبالتالي تتوقف التفاعلات الكيميائية التي تعطي القدرة الكهربائية.



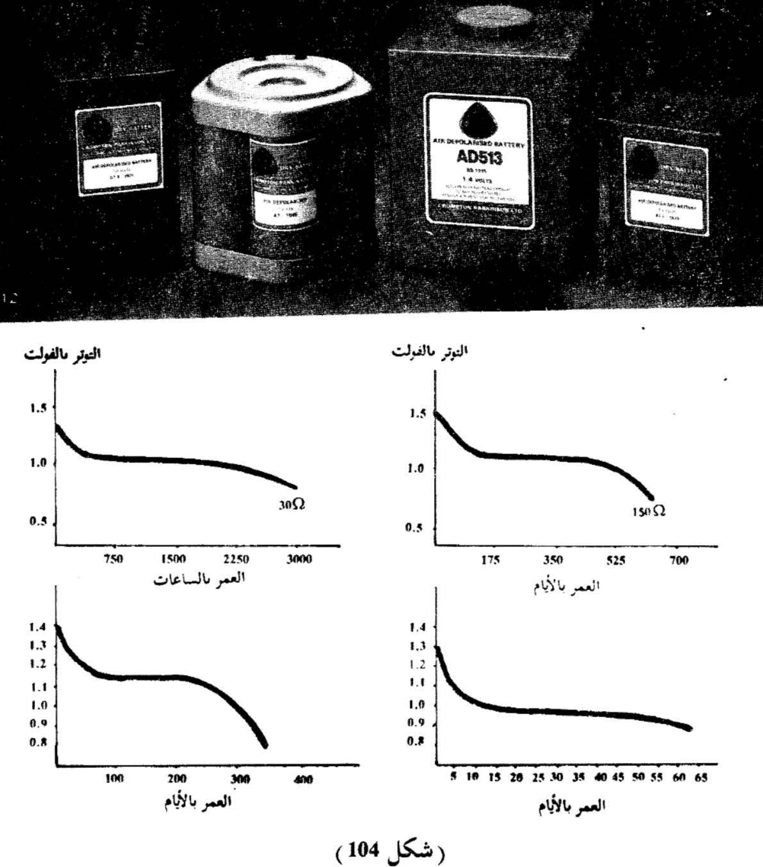
بطارية مشابهة لبطارية لوكلانشيه تم **استبدال** العجينة من NH_4Cl بعجينة **كلور المغنزيوم** مشرب بورق دقيق

بطارية مماثلة للبطارية اليمنى إنما لا تحوي قضيباً من الكربون، تصنع بشكل أسطواني ٤ × ٦سم

(شكل 103)

1 ـ 2 ـ 2 ـ بطاريـة التوتيـاء كربـون باستخـدام الهواء ـ الأكسجين ـ كمانع للاستقطاب : وهي تشبه بطاريات التوتياء كربون السابقة ، لكنها تستخدم أكسجين الهواء من أجل منع الاستقطاب ، بدلاً من ثاني أكسيد المنغنيز المستخدم لهذه الغاية في البطارية السابقة . ويتألف القطب الموجب من كربون منشط مسامي ، ونحصل على فاعلية منع الاستقطاب ، نتيجة امتصاص الأكسجين من الهواء المحيط .

وتستخدم مثل هذه البطاريات بشكل خاص في التطبيقات ، التي تحتاج إلى تيار صغير دائم ولفترة طويلة ـ ويمكن الحصول على الأشكال المختلفة الأسطوانية والمتوازية المستطيلات لهذه البطارية .



(شكل 104)

نماذج ومنحنيات عمل بطارية التوتياء كربون

باستخدام الهواء كمانع استقطاب

وتمتاز هذه البطارية بما يلي :

1ً ـــ الكلفة المنخفضة .

2ً ـــ سعة أعلى بالنسبة لواحدة الحجم والوزن إذا ما قورنت بالنوع السابق .

3ً ـــ منحني التوتر على الحمل عند تيار صغير جيد .

4ً ـــ قابلية خزن جيدة .

5ً ـــ لا تحتاج إلى صيانة .

تحتاج هذه البطارية إلى مجال مفتوح ، أو يسهل معه تبادل الهواء ، لذلك فهي لا تصلح للأجهزة الموضوعة في علب مغلقة كتيمة .

1 ـــ 2 ـــ 3 ـــ بطارية كلور التوتياء : وهي معدلة عن بطارية لوكلانشيه ، حيث يتألف الكهرليت فيها من كلور التوتياء والقطبان من الكربون ـــ توتياء . ولا يستخدم فيها كلور الأمونيوم . وهي تمتاز من حيث الأداء والعمل ضمن درجات حرارة منخفضة وضياع القدرة فيها أقل .

1 ـــ 2 ـــ 4 ـــ بطارية أساس منغنيز $Zn - MnO_2$: نستخدم في هذه البطارية سائلاً قلوياً ، بدلاً من كلور الأمونيوم ـــ النشادر ـــ كما في البطاريات السابقة ، وتمتلك هذه البطارية مقاومة داخلية صغيرة جداً (أقل من واحد أوم) ، وهذا ينعكس على إمكانيتها في إعطاء تيار عالٍ نسبياً مع المحافظة على توترها بشكل معقول ـــ ويتركب القطب الموجب لهذه البطارية من مزيج من ثاني أكسيد المنغنيز والغرافيت . والسائل الكهرليتي القلوي هو ماءات البوتاسيوم . أما القطب السالب فهو التوتياء بشكل بودرة ـــ وعادة يكون الوعاء الحاوي على هذه البطارية من الفولاذ ، وهو لا يلعب أي دور في التفاعلات . ويمثل عمل البطارية المعادلة التالية :

$$Zn + 2MnO_2 \longrightarrow Mn_2O_3 + ZnO$$

ميزات هذه البطارية :

1ً ـــ إمكانية إعطاء تيار عالٍ .

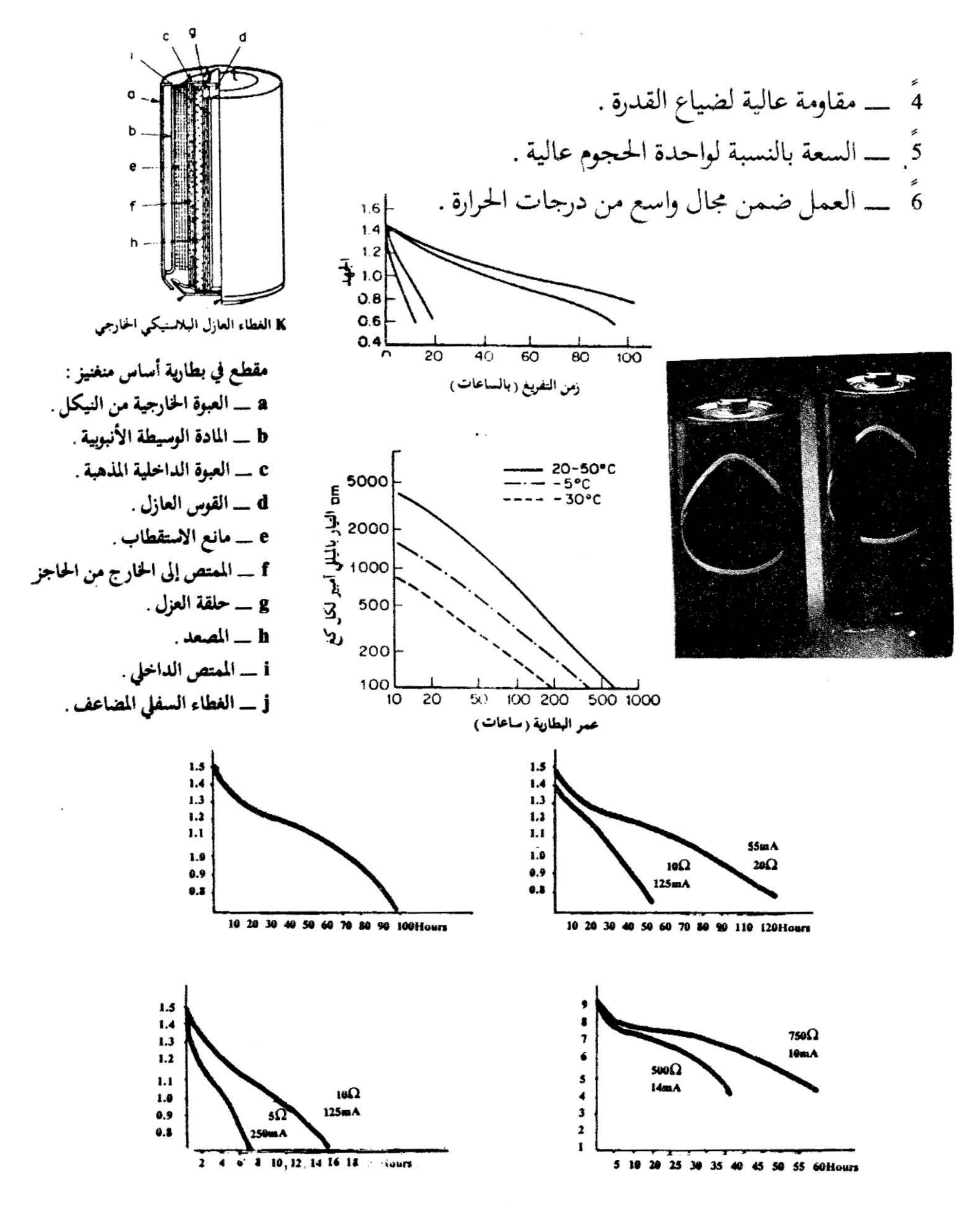
2ً ـــ إمكانية خزن طويلة .

3ً ـــ منحني التوتر مع الزمن بالنسبة لتيارات سحب نظامية جيدة .

4ً ـــ مقاومة عالية لضياع القدرة .

5ً ـــ السعة بالنسبة لواحدة الحجوم عالية .

6ً ـــ العمل ضمن مجال واسع من درجات الحرارة .



(الشكل 105)

نماذج ومنحنيات عمل ومقطع في بطارية أساس منغنيز

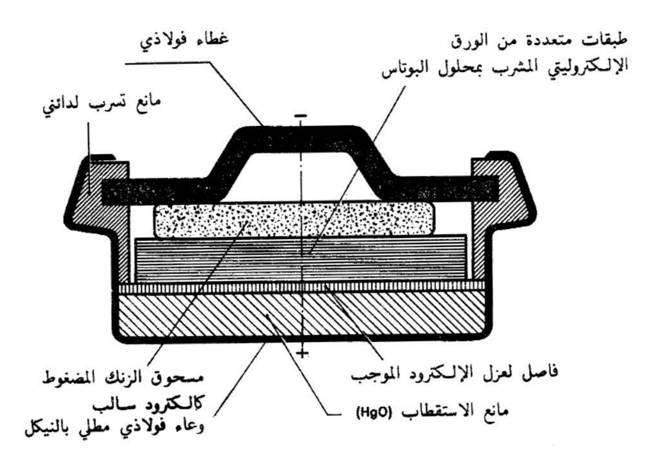
إن مجال السعات لمثل هذه البطاريات يتراوح بين 580 ميللي أمبير / ساعة إلى 10أمبير / ساعة ، وأداء أو فعالية هذه البطارية ، أفضل من البطاريات الصغيرة المذكورة سابقاً ، ولا ينصح بإجراء لحام مباشرة على أقطاب البطارية .

عند درجة حرارة 20°م يمكن خزن هذه البطارية لمدة 30 شهراً مع فقد ضئيل في سعتها .

1 ــ 2 ــ 5 ــ بطارية أكسيد الزئبق ــ التوتياء : وتعرف بشكل تجاري ببطارية الزئبق توتياء، وهي قيد العمل منذ أربعين عاماً . يتركب القطب الموجب فيها من أكسيد الزئبق والغرافيت ، أما القطب السالب فهو التوتياء الملغم amalgamated Zinc والسائل الكهرليتي ، هو ماءات البوتاسيوم ويضاف إليه محلول أكسيد التوتياء لتأخير تآكل التوتياء وتقليل توليد الهيدروجين إلى الحد الأدنى ، ولتأمين استقرار التفاعل عند التفريغ . وتمتلك هذه البطارية مقاومة داخلية صغيرة . (الشكل 106) يوضح رسماً تمثيلياً لهذه البطارية في الحجم الصغير ، المستخدم في الساعات والآلات الحاسبة الإلكترونية .

ويمثل التفاعل فيها المعادلة التالية :

$$Zn + HgO \longrightarrow ZnO + Hg$$



(الشكل 106)

106 ــ أ ــ مقطع في خلية HgO قلوية بحجم الزر

أما ميزات هذه البطارية فهي :

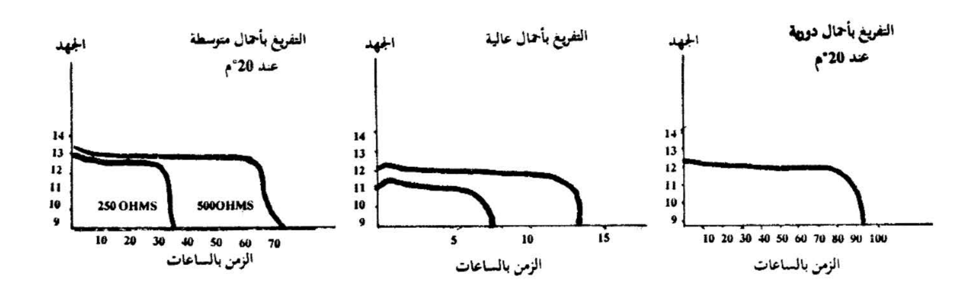
أً ــ التوتر ثابت تقريباً عند تفريغ البطارية .

2ً ــ سعتها تعادل تسعة أضعاف من سعات البطاريات الأخرى المماثلة بالحجم والوزن .
3ً ــ يمكن خزنها لمدة طويلة .
4ً ــ تعمل ضمن مجال واسع من درجات الحرارة .
5ً ــ حجمها صغير لذلك تستخدم في تشغيل ساعات اليد الإلكترونية والتجهيزات الصغيرة الإلكترونية الأخرى .
6ً ــ لديها قدرة على إعطاء تيار متقطع .

تعطي هذه البطارية نتائج جيدة ضمن مجال حرارة من ـــ20°م حتى +50°م . وهي لا تتأثر بالرطوبة مطلقاً ، كونها معبأة ضمن مادة راتنجية epoxyresin .



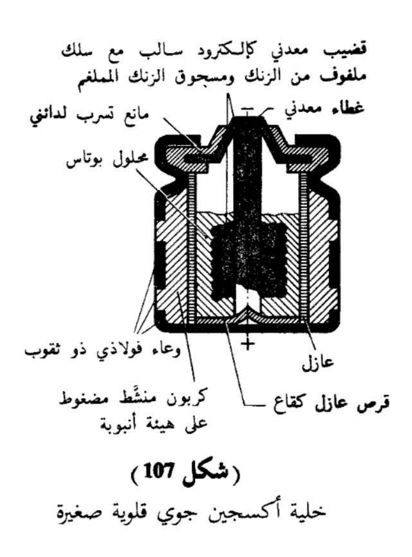
20 *Mercury-zinc batteries.*



106 ــ ب ــ

1 ــ 2 ــ 6 ــ بطارية التوتياء ــ أكسيد الفضة : مثل السابقة إنما يستخدم أكسيد

الفضة، بدلاً من أكسيد الزئبق، تمتاز بقدرة أعلى بالنسبة لواحدة الوزن، وقدرة أعلى للعمل في درجات حرارة منخفضة، تعطي 70٪ من سعتها عند درجة ٠°م و 35٪ عند درجة حرارة −20°م.



(شكل 107)

خلية أكسجين جوي قلوية صغيرة

1 ــ 2 ــ 7 ــ **بطارية الأكسجين القلوية**: حيث يكون الكهرليت فيها والمركب أساساً من ماءات البوتاسيوم، على شكل عجينة، والقطب الموجب هو الوعاء الفولاذي الخارجي المثقب، والقطب السالب مؤلف من قضيب معدني مع سلك ملفوف من التوتياء. ويلي الوعاء الفولاذي إلى الداخل عبوة من الكربون المنشط المسامي، الذي يتمتع بخاصة امتصاص الغازات، وبالتالي السماح لأكسجين الهواء الجوي عبر الثقوب في العبوة الفولاذية الخارجية، وعبر الأنابيب الصغيرة المتصلة بكيس الكربون. و(الشكل 107) يوضح رسماً تمثيلياً لمثل هذه البطارية.

1 ــ 2 ــ 8 ــ **بطاريات الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت**: تتألف هذه البطارية من أسطوانة من صفائح الفولاذ المطلي بالنيكل والتي تحوي نواة الليثيوم الملفوفة حلزونياً، وتشكل القطب الموجب، ثم فاصل فالكربون الذي يشكل القطب السالب ــ والسائل الكهرليتي.

وتستخدم هذه البطارية بشكل عام في المجالات، التي تتطلب منابع قدرة كهربائية تعطي أداءً جيداً، ووثوقية عالية، مثل الحاسبات، وآلات التصوير، والساعات والاتصالات، وتمتلك هذه البطاريات أعلى توتر للخلية الواحدة، حيث يصل توترها إلى 3 فولت تقريباً.

ونتيجة لانخفاض مقاومتها الداخلية يمكنها أن تعطي تياراً عالياً نسبياً ، سواءٌ على شكل نبضات أو بشكل تيار مستمر .

كذلك فإنها يمكن أن تعمل في مجال واسع من درجات الحرارة يتراوح بين –55°م و +70°م . بالإضافة إلى أنه يمكن تخزينها لمدة عشر سنوات دون أن تتعرض سوى إلى ضياعات طفيفة خلال ذلك ، وهذا ناتج عن تشكل طبقة سطحية خفيفة على قطب الليثيوم تحميه من التآكل ، وبذلك يمكن استجرار حوالي 75٪ من سعة البطارية بعد خزن لمدة عشر سنوات عند درجة حرارة 20°م .



(شكل 108)
نماذج لبطارية الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت

ويمكن تلخيص ميزات هذه البطارية كما يلي :

1ً ــ كثافة قدرة عالية بالنسبة للحجم والوزن .

2ً ــ يمكن خزنها في المستودع لمدة طويلة تصل إلى عشر سنوات .

3ً ــ يمكن أن تظل تحت العمل لمدة تصل إلى عشر سنوات .

4ً ــ تعمل ضمن مجال واسع من درجات الحرارة .

5ً ــ يمكن أن تقدم تياراً بمعدل عالٍ أو منخفض .

6ً ــ يمكن أن يصل توتر الخلية الواحدة إلى 3 فولت .

7ً ــ يمكن اعتبار توترها ثابتاً خلال عملية التفريغ .

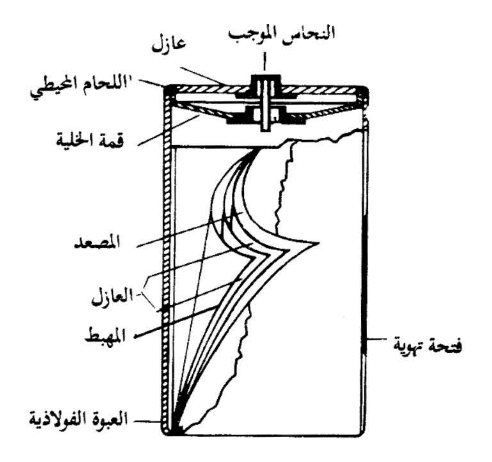
8ً ــ كلفتها كبيرة نسبياً ، لكنها تقابل فعالية جيدة للبطارية .

9ً ــ وزنها خفيف إذا قيس بالنسبة لسعتها .

وكما هو موضح في جدول سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن فإن الليثيوم يملك أكبر كمون حيث يصل إلى ‎−3,045‎ فولت بالنسبة للهيدروجين ، كما أنه من أخف العناصر المعدنية ، حيث إن وزنه الذري يبلغ 6,941 وكثافته 0,534 غ / سم^3 .

والمعادل النظري الكهركيميائي له هو 3860 أمبير ساعة / كغ ؛ أي ما يعادل 1750 أمبير ساعة / باوند . وكل ذلك يجعل بطارية الليثيوم تملك أكبر كثافة ممكنة في القدرة على المستوى النظري .

لكن على الطرف الآخر هناك عقبات ناتجة عن الصفات الاستثنائية له ، تعرقل استثماره على المستوى الأمثل . وكما ذكرنا فهي تتركب من طبقة من الليثيوم تشكل المصعد أو القطب الموجب ، بينما تشكل الطبقة الكربونية المهبط أو القطب السالب مع عازل بينهما ، أما السائل الكهرليتي فهو أكسيد الكبريت السائل العضوي الغني . كما هو موضح في الرسم التمثيلي (شكل 109) .



(شكل 109)

أما التفاعلات الكيميائية التي تعطي بنتيجتها القدرة الكهربائية فهي :

$$2Li \longrightarrow 2Li^{+} + 2e^{-}$$

على القطب الموجب وهي تمثل تأين معدن الليثيوم .

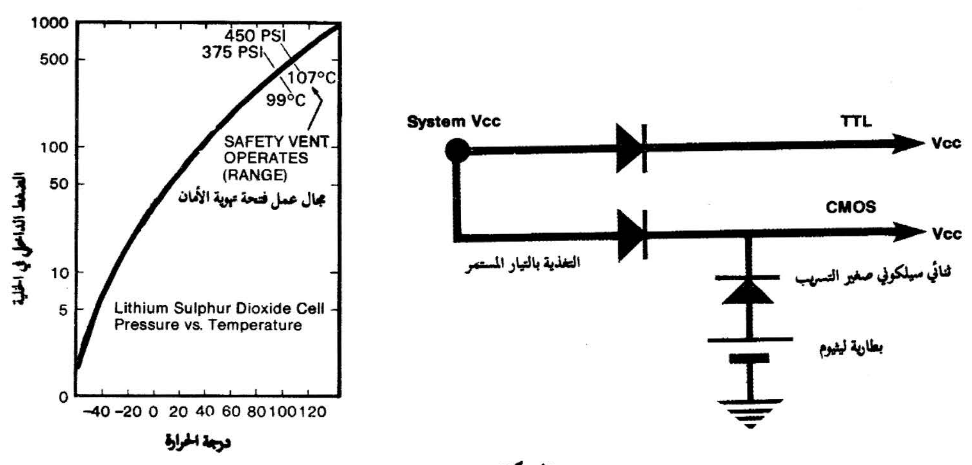
$$2SO_2 + 2e \longrightarrow (S_2O_4)^{--}$$

على القطب السالب حيث يأخذ ثاني أكسيد الكبريت إلكترونات عبر الحمل . وبجمع المعادلتين نجد

$$2Li + 2SO_2 \longrightarrow Li_2S_2O_4 \downarrow$$

إن شاردة الليثيوم المتشكلة خلال عملية التفريغ غير منحلة في السائل الكهرليتي . ويقوم ثاني أكسيد الكبريت بدور مزيل الاستقطاب ، وتم اختياره بعد تجارب عديدة .

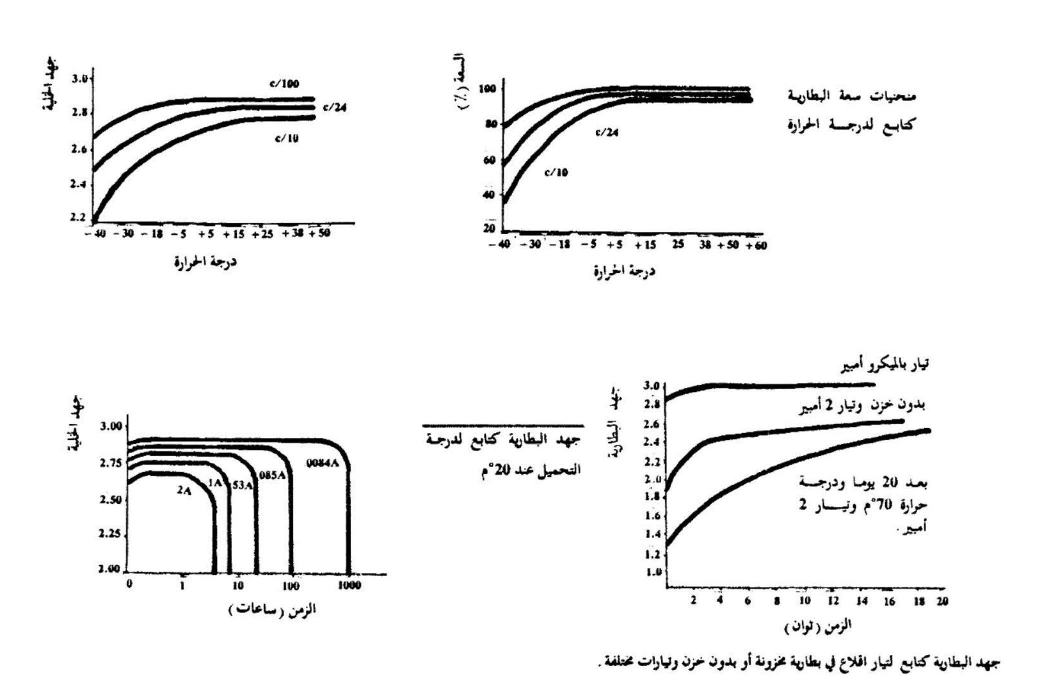
إجراءات الأمان لبطارية الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت : تحتوي بطارية الليثيوم على محتويات مضغوطة ، لذلك فإن على البطارية أن تتمتع بمواصفات أمان عديدة ، أهمها : إمكانية التهوية بحيث لا يسمح بتشكل الضغط الزائد ، والذي ينشأ عن تعرض البطارية لمنبع حراري ، يرفع درجة حرارة البطارية فوق المجال المسموح به ، أو ناتج عن حدوث دارة قصيرة على قطبيها ، وتقوم فتحة التهوية التي تزود بها البطارية بعملها عند ضغط 400 إلى 500 ليبرة / إنش^{2} أو عند 99 إلى **107°** .



(الشكل 110)

الضغط المتولد في بطارية الليثيوم **كتابع لدرجة** الحرارة

كما ينصح باستخدام ديودات (ثنائي نصف ناقل) لمنع التيارات المعاكسة. وهذه البطارية غير قابلة لإعادة الشحن ــ فإذا طبق عليها توتر شحن أدى ذلك إلى تعريضها لدارة قصيرة.



(الشكل 111)

منحنيات عمل بطارية الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت

عند استخدام بطارية الليثيوم ــ ثاني أكسيد الكبريت، فهي لا تحتاج إلى أية صيانة لكن يوصى بأخذ الأمور التالية بعين الاعتبار:

1ً ــ أخذ أبرد مكان في الجهاز لوضع البطارية، وذلك لتصغير التفريغ الذاتي إلى حدوده الدنيا.

2ً ــ يجب أن لا يسمح بهبوط التوتر عن 2+ فولت أثناء التفريغ (ويجري التحكم بذلك عن طريق عدم زيادة تيار التفريغ عن الحدود المسموحة، أو استمرار استجرار تيار تفريغ عادي لمدة أطول من المخطط لها).

3ً ــ عند استخدام هذه البطارية كمصدر احتياطي آني لتغذية التجهيزات الإلكترونية (الذاكرات) يجب وضع ديود يكون تيار التسريب العكسي فيه صغيراً جداً، لمنع تعرض البطارية لحالة شحن (إنها لا تقبل إعادة الشحن).

4ً ــ يجب أن لا تجمع أو توضع على سطح معدني.

5ً ــ بالنسبة للبطاريات المحمية بفيوزات، يجب عند تغيير هذا الفيوز أن يحافظ على نفس قيمته.

6ً ــ الخزن أو تجريب البطارية يجب أن يتم بعيداً عن المحاليل أو المواد الملتهبة.

1 ــ 3 ــ مقارنة بين البطاريات الأولية

(الشكل 112) يقارن القدرة/الزمن بالنسبة لواحدة الحجم لبطاريات الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت، الزئبق توتياء، أساس منغنيز، توتياء كربون وذلك من اليمين إلى اليسار.



(112 ــ ا ــ)

(الشكل 112)

المنحني يقارن القدرة/الزمن بالنسبة لواحدة الحجم لبطاريات الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت، الزئبق توتياء، أساس منغنيز ــ توتياء كربون وذلك من اليمن إلى اليسار

وتجري حالياً وعلى قدم وساق تجارب وإجراءات تهدف إلى الوصول إلى إيجاد طريقة لإعادة شحن بطاريات الليثيوم ثاني أكسيد الكبريت، أو بطارية أكسيد الزئبق التوتياء، وعندها ترتفع اقتصادية مثل هذه البطارية بشكل كبير.

المواصفة / نوع البطارية	التوتر (فولت) emf (V)	كثافة القدرة / الحجم $\frac{Watt.Hour}{dm^3}$ واط ساعة/دم³	القدرة / الوزن $\frac{w.h}{Kg}$ واط ساعة/كغ	مجال حرارة العمل °c — م°	مدة الخزن في المستودع عند 20°م (شهر)	مدة الخزن عند 50°م (شهر)	الكلفة	منحني التوتر مع الزمن
بطارية الليثيوم - SO_2	3	275	430	70 ÷ 50 −	120	96	عالية	ثابت
بطارية أكسيد الزئبق التوتياء	1,35	100	310	50 ÷ 20 −	24	3	متوسطة	ثابت
بطارية الأساس منغنيز	1,5	84	210	70 ÷ 20 −	30	3	متوسطة	مائل
بطارية التوتياء كربون الأسطوانية	1,5	55	150	50 ÷ 10 −	24 ÷ 12	2	منخفضة	هابط
بطارية التوتياء كربون المسطحة	1,5	77	190	50 ÷ 10 −	24 ÷ 12	2	منخفضة	هابط
بطارية التوتياء كربون ذات مانع الاستقطاب الهوائي	1,4	110	210	50 ÷ 10 −	24 ÷ 12	2	منخفضة	هابط

(112 — ب —)

كما أن هناك بطاريات أخرى كثيرة غير البطاريات، التي تم ذكرها مثل: بطارية المغنزيوم الجافة، بطارية كادميوم — أكسيد الزئبق. وكلها تحت إسم البطاريات الأولية، حيث يختلف كهرليت هذه البطارية حسب نوعها، كما يختلف من حيث الحالة الفيزيائية (صلب، لزج، جاف) ومن حيث الحالة الكيميائية (عضوي بطارية الليثيوم، ولا عضوي).

الفصل السادس

أنواع أخرى من البطاريات والبطاريات الاحتياطية

1 ـ أنواع أخرى من البطاريات

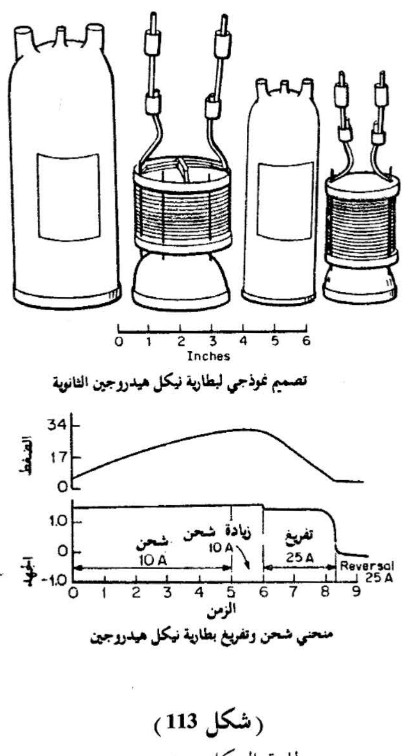
1 ـ 1 ـ بطارية نيكل هيدروجين

وتتألف هذه البطارية من قطب من النيكل مع قطب آخر من الهيدروجين، وتتمتع هذه البطارية بعمر طويل وعدة آلاف من دورات الشحن والتفريغ، وكثافة قدرة تصل إلى 65واط لكل كغ؛ أي ضعف ما تملكه بطارية نيكل كادميوم.

ويشابه التفاعل الذي يحدث على القطب الموجب ما يحدث في النماذج القديمة إلى حد كبير، أما على القطب السالب؛ فإن الهيدروجين يتأكسد ويتشكل الماء عند التفريغ، في حين يتحلل الماء معطياً الهيدروجين عند عملية الشحن.

ويستخدم وعاء يتحمل الضغط العالي كعبوة لهذه البطارية، أما كتلة القطبين فتتألف من طبقات متناوبة من شبكة ناثرة للغاز، وهذا ما يسمى قطب الهيدروجين وعازل ماص، غير عضوي. فقطب النيكل وهكذا، وكل ذلك مغموس في ماءات البوتاسيوم، ويصل ضغط الغاز عند الشحن إلى 30 ضغط جوي، وفي مثل هذه البطارية لا يخشى من زيادة الشحن، لأنه سرعان ما يتحد الغازان الناتجان عن زيادة الشحن، مشكلين الماء مرة أخرى. وتستخدم مثل هذه

البطاريات في مجالات الفضاء لأنها كتيمة ، لا تحتاج إلى صيانة ، ويمكنها تحمل تيارات عالية عند الشحن أو التفريغ ، كما أن لها كثافة قدرة عالية .



(شكل 113)

بطارية النيكل هيدروجين

1 ـــ 2 ـــ البطاريات الاحتياطية

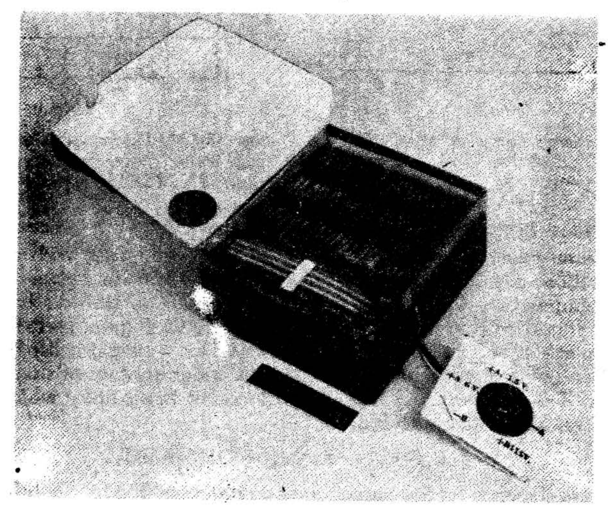
وهي البطاريات التي لا تدخل العمل أو الخدمة إلا بشرط إضافي ـــ وبالتالي يمكن تخزينها لفترة طويلة نسبياً ـــ مثل البطاريات التي تكون في حالة غير فعالة في درجات الحرارة العادية ، حتى يتم تسخينها وصهر الكهرليت الصلب ، الذي يتحول نتيجة الانصهار إلى ناقل كهربائي ، وتسمى عملية تحويل البطارية من الحالة غير الفعالة إلى الحالة الفعالة بعملية التنشيط **activation** .

وتستخدم مواد ذات فعالية عالية للحصول على قدرة عالية وأداء عالٍ في درجات حرارة منخفضة . وذلك لتقاوم ضياع القدرة خلال فترات التخزين ، وتخفيض التفريغ الذاتي إلى الحد الأدنى

قبل استخدامها . كما أنها تستخدم لتقديم استطاعة عالية خلال فترة زمنية محدودة . حيث يفصل أحد عناصر البطارية ، وبذلك تكون قابلة للتخزين لفترة طويلة دون أي ضياع في القدرة المختزنة . وغالباً ما يكون الكهرليت الخاص بالبطارية هو العنصر المفصول . وفي نماذج أخرى يضاف الماء لعملية التنشيط ونقل البطارية إلى الحالة الفعالة ، وجاهزية الخدمة . وبإضافة العنصر المفصول إذاً تصبح البطارية جاهزة للعمل خلال فترة زمنية قصيرة تتراوح من أقل من ثانية واحدة إلى عدد من الدقائق . كما يمكن تنشيط مثل هذه البطاريات عن طريق التحكم عن بعد ميكانيكياً ، أو بنبضات كهربائية ويقابل التنشيط الآلي في مثل هذه البطاريات نقص في كثافة القدرة المأخوذة من البطارية . وسنناقش الأنواع التالية من البطاريات الاحتياطية .

1 ــ 2 ــ 1 ــ بطاريات تنشيط الفاعلية بواسطة الماء : مثل بطاريات المغنزيوم ــ كلور الفضة أو المغنزيوم ــ كلور النحاس ــ حيث يجري تنشيط هاتين المادتين بواسطة الماء .

ففي بطارية المغنزيوم ــ كلور النحاس ، يكون القطب السالب مشكلاً من كلور النحاس ، والقطب الموجب عبارة عن صفيحة من المغنزيوم تكون معزولة عن القطب السالب بواسطة فاصل ــ عازل ــ نفوذ يقوم أيضاً بحجز الكهرليت . وتخزن البطارية في عبوة جافة كتيمة مانعة للرطوبة . وتصبح البطارية بحالة جاهزية للعمل خلال عشر دقائق بعد ملئها بالماء ، ويبلغ توتر هذه البطارية على اللا حمل 1,6 **إلى 1,7 فولت عند الدرجة 20°م .**



(شكل 114)
بطارية المغنزيوم كلور النحاس

ويمكن تمثيل تفاعلات هذه البطارية بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$Mg + 2CuCl \xrightarrow{\text{تفريغ}} MgCl_2 + 2Cu$$

مغنزيوم	كلور النحاس	كلور المغنزيوم	نحاس
قطب موجب	قطب سالب		

ويمكن تفريغ هذه البطارية بتيار معدل تفريغ من ساعة إلى ثلاث ساعات ضمن المجال الحراري من −50°م إلى +60° . وبعد التنشيط فإن التفريغ الذاتي يحد من عمر البطارية ، وتتولد حرارة عند التفريغ بشكل ذاتي ، لذلك يمكن لهذه البطارية أن تعمل في درجات الحرارة المنخفضة خصوصاً .

وتعتبر كثافة القدرة في بطارية المغنزيوم كلور الفضة جيدة ، إلا أنها ذات ثمن مرتفع . كما أن هناك بطاريات أخرى يتألف قطبها الموجب من المغنزيوم في حين يمكن أن يتألف القطب السالب من كلور الرصاص $PbCl_2$ أو كلور المغنزيوم $MgCl_2$ ، أو أكسيد الزئبق HgO ، أو ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2 . أما تنشيط مثل هذه البطاريات فيكون بواسطة محلول ملحي ، بدلاً من التنشيط في الماء كما في البطاريتين السابقتين . وتمتاز هذه البطاريات بالحصول على جاهزية أسرع بعد التنشيط ، كما أنها أقل تآكلاً بسبب عدم ارتفاع الحرارة فيها كما في النوع السابق .

بطارية الليثيوم ــ ماء :

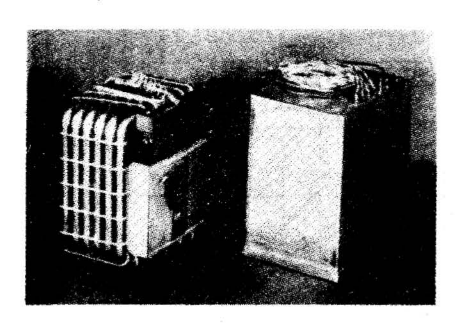
تعتمد هذه البطارية على تفاعل الليثيوم مع الماء كما يلي :

$$Li + H_2O \longrightarrow Li^+ + OH^- + \frac{1}{2} H_2$$

بطارية التوتياء أكسيد الفضة :

وهي بطارية مهمة ضمن البطاريات الاحتياطية ؛ حيث تصمم على شكل صفائح رقيقة ، وذات مساحات واسعة ، وهذا يسمح بزيادة معدل تيار التفريغ ويخفض من ارتفاع درجة الحرارة . ويسمح بإعطاء توتر ثابت نسبياً عند التفريغ ، ويمكن أن يكون التنشيط آلياً في هذه البطارية . وأفضل طريقة في التنشيط هي بواسطة الضغط ، حيث تكون البطارية متعددة الألواح ويوضع الكهرليت ضمن أنابيب من النحاس مغلقة بواسطة أغشية معدنية ، ويجري التنشيط بواسطة حرق كهربائي لغاز منفجر ، وهذا يؤدي إلى تمزيق هذه الأغشية المعدنية ، فيندفع الكهرليت ضمن

البطارية، ويكتمل التنشيط خلال أقل من ثانية واحدة. ويمكن تزويد مثل هذه البطارية بمسخن إضافي يرفع درجة حرارة البطارية قبل التنشيط، للحصول على أداء عالٍ للبطارية عند العمل في درجات حرارة منخفضة. وتقوم البطارية بعد التنشيط بالمحافظة على هذا الأداء، نظراً لتوليد حرارة داخلية فيها نتيجة حدوث التفاعلات الكيميائية التي تعطي القدرة الكهربائية، بغض النظر عن درجة الحرارة الخارجية.



(شكل 115)
بطارية التوتياء أكسيد الفضة

1 ــ 2 ــ 2 ــ **البطاريات الحرارية**: تستخدم هذه البطاريات كهرليتاً ملحيّاً صلباً في حرارة الجو المحيط، أو عندما تكون البطارية غير منشطة. ويكون الكهرليت في تلك الحالة غير ناقل للكهرباء. ويتم التنشيط بواسطة الحرارة بحيث ينصهر الكهرليت ويصبح ناقلاً للكهرباء. ويمكن الحصول على آلية عمل المنشط ميكانيكياً أو كهربائياً، داخل البطارية بحيث يعطي تنشيطاً وجاهزية للعمل سريعين. ويمكن خزن البطارية قبل التنشيط لمدة تصل إلى عشر سنوات أو أكثر. والزمن اللازم للتنشيط يصل إلى عشر دقائق كحد أعظمي.

أما المواد الفعالة المستخدمة في مثل هذه البطاريات فتختلف حسب الأداء المطلوب منها. وأهمها يستخدم كلور الليثيوم / كلور البوتاسيوم ككهرليت ينصهر عند 350°م، والكالسيوم كقطب موجب، ومانع استقطاب يمكن أن يكون أكاسيد المعادن، أو كروماتها مثل كرومات الكالسيوم لتوترها العالي نسبياً واستقرارها الحراري. وتصمم البطاريات الحرارية بشكل خاص لتناسب التطبيقات النوعية الخاصة، بحيث يتراوح توترها بين 2 و 100 فولت، وباستطاعة 125 إلى 200 واط وعمر يتراوح بين عدة ثوان و 800ثا.

الفصل السابع

البطاريات المتقدمة

1 ــ البطاريات المتقدمة

في القديم ومع نشوء التيار الكهربائي واستخدام مولدات التيار المستمر، كانت هذه المولدات تعمل نهاراً وتغذي الأحمال العادية، وتتوقف ليلاً بحيث تقوم بطاريات بتغطية الحمل خلال الليل والذي لم يكن كبيراً نسبياً آنئذ.

أما عند انتشار توليد التيار بشكله المتناوب، فقد تراجعت مسألة استخدام البطاريات في هذا الموضوع.

ومع تطور العلوم والتقنية الكهربائية والإلكترونية، وظهور الثايرستور والبرمجة والقدرة العالية في التحكم الكهربائي والإلكتروني، تم استخدام أجهزة إلكترونية تعطي التوتر والتردد المطلوبين بدقة متناهية، انطلاقاً من أي مصدر كهربائي مستمراً كان أم متناوباً. فإذا أضفنا إلى ذلك الميزات التالية للبطاريات: كالهدوء حيث إنها مصادر ساكنة للقدرة الكهربائية ــ والسرعة الآنية في الدخول والخروج من الخدمة ــ وعدم الحاجة إلى شرط مكاني جغرافي خاص، ليس لها نواتج تضر البيئة عند العمل وغيرها .... فإن من الطبيعي أن يعود التفكير إلى البطاريات لإيجاد أنواع ونماذج تتناسب مع دخول البطارية مجال مساعدة الشبكة العامة، سواء عند الذروة أو عند الطوارئ أو من أجل الاستقرار.

ولا يمكن استخدام النماذج العادية المذكورة سابقاً في هذا المجال بسبب الكلفة والـوزن العاليين، وضعف الأداء، لذلك جرى التفكير في أنظمة متطورة من البطاريات، مثل بطاريات كلور التوتياء، والكبريت ــ الصوديوم. وغيرها للحصول على كثافة قدرة أعلى من 200واط ساعي لكل كغ.

ويجري التفكير في خمسة نماذج منها:

1ً ــ بطاريات تعتمد على العمل تحت درجات حرارة عالية، وسائل كهرليتي ناتج عن ملح مصهور.

2ً ــ بطاريات تعتمد على درجات حرارة عالية وكهرليت صلب من السيراميك أو الزجاج.

3ً ــ بطاريات تعتمد على كهرليت عضوي والعمل ضمن حرارة الجو المحيط العادية.

4ً ــ بطاريات تعتمد على التوتياء ــ هالوجين والتوتياء ــ هواء المائية.

5ً ــ البطاريات التي تعتمد على الفيول.

6ً ــ البطاريات النووية.

1 ــ 1 ــ بطارية الليثيوم ــ كبريت

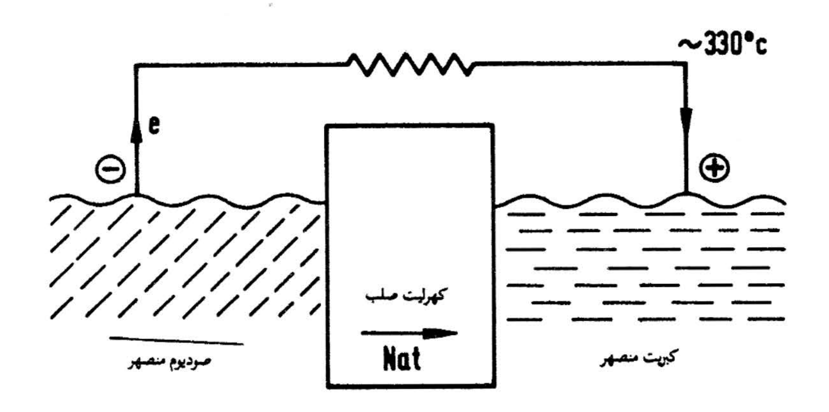
ولدينا من النموذج الأول بطارية الليثيوم ــ كبريت. يكون القطب السالب فيها مشكلاً من الليثيوم والقطب الموجب من الكبريت، وكلاهما في الحالة المنصهرة، حيث إن حرارة العمل تتراوح بين 400 إلى 450°، ويمكن تمثيل التفاعل بالمعادلة الكيميائية:

$$2Li + S \underset{\text{شحن}}{\overset{\text{تفريغ}}{\rightleftarrows}} Li_2S$$

1 ــ 2 ــ بطارية الكبريت الصوديوم The Sodium Sulpher Cell: وهي تتبع النموذج الثاني، وتعرف هذه البطارية أيضاً ببطارية بيتا β. ويجري تطويرها في عدة بلدان مثل فرنسا وألمانيا، واليابان والولايات المتحدة.

وتتركب من قطبين سالب وموجب، وهما الصوديوم والكبريت المصهوران، أما الكهرليت فهو عبارة عن مادة صلبة مشكلة من سيراميك ــ بيتا ألومينا ــ وتعمل هذه البطارية تحت درجة حرارة 300 ÷ 350°م، حيث يكون كل من الكبريت والصوديوم بحالة منصهرة. وينشأ فرق كمون

بينهما بنتيجة التفاعلات الكيميائية الحاصلة ، ويتمتع الكهرليت المستخدم بإمكانية إمرار أو انتقال أيونات الصوديوم . والتفاعل الحاصل في هذه البطارية يولد حرارة عالية ، تحافظ على حرارة العمل اللازمة ، لكن المشكلة الأهم في هذه البطارية والبطاريات التي تعتمد على العمل في درجات الحرارة العالية هي احتواء هذه الحرارة وتجنب تأثيرها على ما حول البطارية .



(شكل 116)
بطارية الصوديوم كبريت

ويمكن تمثيل التفاعل الحاصل بالمعادلة الكيميائية التالية

$$2Na + 3S \underset{\text{شحن}}{\overset{\text{تفريغ}}{\rightleftarrows}} Na_2S_3$$

ويمكن تشكيل الكهرليت الصلب على شكل مسطح أو أنبوبي ، وقد أعدت بطاريات التجارب لتتحمل عدة مئات من دورات الشحن والتفريغ وبكثافة قدرة تصل إلى 125واط ساعي / كغ .

كما يمكن صنع الكهرليت من مادة صلبة أخرى وهي بورات الزجاج .

1 ـــ 3 ـــ بطارية الليثيوم

وتأتي بطارية الليثيوم ضمن النموذج الثالث . حيث نجد في مثل هذه البطاريات سهولة

التعامل، نظراً لعدم وجود حرارة زائدة، إضافة إلى أداء عالٍ، ومعدل تآكل منخفض. حيث يختار الليثيوم كمادة فعالة للقطب السالب (الليثيوم يملك أعلى كمون كهربائي في سلسلة الكمون الكهربائي للمعادن)، وهو يحتاج إلى كهرليت غير مائي، وتتركز الدراسات لزيادة ثبات الليثيوم في محاليل عضوية مناسبة، وتطوير مواد فعالة للقطب الموجب، تكون قابلة لعمل دورات شحن وتفريغ وكثافة قدرة عالية.

وتجري أبحاث على قدم وساق لتطوير البطاريات الرصاصية الحمضية، ونيكل توتياء ونيكل هيدروجين، وبطاريات أخرى باستخدام التوتياء كمادة فعالة كبطارية التوتياء هواء أو التوتياء هالوجين.

1 ــ 4 ــ بطارية التوتياء هواء

حيث إن بطارية التوتياء هواء، هي نموذج متطور للبطارية الأولية المشابهة، ويحوي النموذج المتطور سائل كهرليتي دوار، بحيث يتم نقل الجزيء الذي يحوي التوتياء والناتج عن التفريغ من البطارية، ونحصل منه على التوتياء لاستخدامها في تفريغ لاحق. ويؤمل أن يحقق هذا النموذج كثافة قدرة 100 واط ساعي لكل كغ.

بطارية كلور التوتياء:

حيث يستخدم كلور التوتياء المائي Aqueous zinc chloride كسائل كهرليتي يدور حول قطب بشكل حجيرة من الكلور خلال عمليتي الشحن والتفريغ. حيث يترسب معدن التوتياء على صفيحة القطب السالب، وينطلق غاز الكلور عبر القطب الموجب، حيث يتبرد ويختزن بحالة هيدرات الكلور، وهذا يحدث عند عملية شحن البطارية. أما عند التفريغ فإن هيدرات الكلور تنصهر عند سحب تيار من البطارية مطلقة غاز الكلور، الذي ينحل في السائل الكهرليتي الداخل في التفاعل والدوّار. حيث يحدث إرجاع للكلور على القطب الموجب، وأكسدة للتوتياء على القطب السالب ليتشكل كلور التوتياء. تعطي الخلية الواحدة من هذه البطارية 2 فولت.

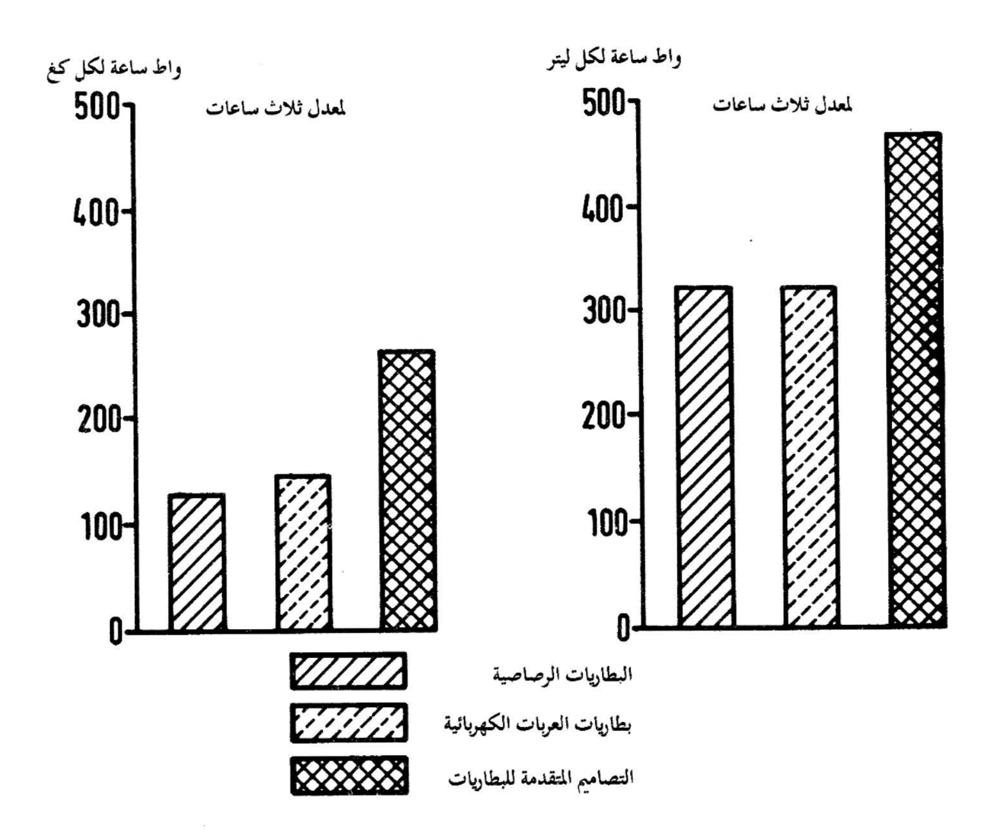
والبطارية التجريبية ذات الأبعاد 54 × 15 × 31 قدماً أعطت من 2 إلى 6 ميغاواط ساعي.

ويمكن تمثيل التفاعل بالمعادلة:

$$Zn + Cl_2 \underset{\text{شحن}}{\overset{\text{تفريغ}}{\rightleftarrows}} ZnCl_2$$

وهناك بطارية مشابهة لهذه البطارية هي بطارية بروميد التوتياء، حيث يحدث التفاعل على القطبين بشكل متعاكس، والقطبان مشكلان من صفيحة كربونية رقيقة غير نفوذة، يترسب التوتياء على أحد طرفيها عند عملية الشحن، وهذا يعبّر عن التفاعل على القطب السالب، بينما تتحول أيونات البروميد إلى البرومايين — التي تنحل في السائل المائي — نتيجة الأكسدة. وتنعكس العملية في حالة التفريغ.

وقد تم صنع نموذج تجريبي من هذه البطارية، مؤلف من ست خلايا، 2ك واط ساعي لكل منها، عملت لمدة أحد عشر شهراً وبمعدل 700 دورة شحن تفريغ.



(الشكل 117)

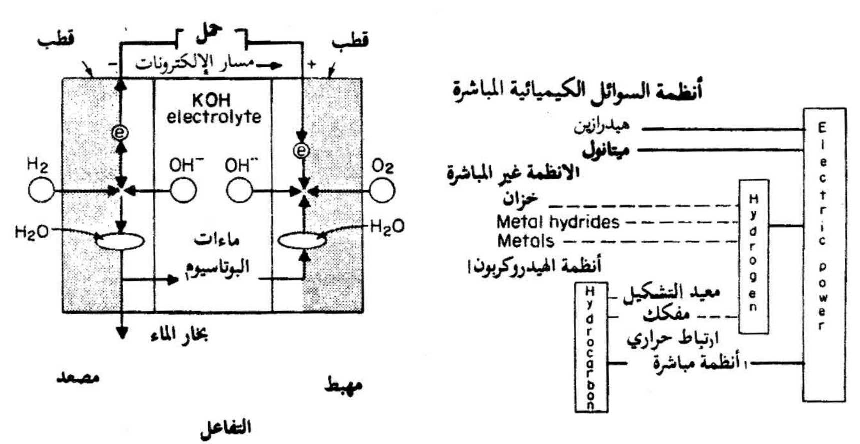
مقارنة بين واحدة القدرة إلى الوزن، وواحدة القدرة إلى الحجم لبطاريات عادية وأخرى متقدمة

1 ــ 5 ــ بطاريات الفيول

حيث يتحول الفيول السائل أو الغازي ــ منتجات الفيول الخام ــ كهركيميائياً إلى قدرة كهربائية. وهذا يختلف عن استخدام الفيول ــ بمختلف منتجاته ــ في محركات الاحتراق الداخلي ــ لأن بطاريات الفيول لا تحوي ضياعات حرارية، بالإضافة لعدم وجود تحديدات تفرضها دورة كارنو.

حيث يصل مردود هذه البطاريات إلى 65 — 70٪، بينما لا يصل مردود محركات الاحتراق الداخلي لأكثر من 35٪.

وتغطي خلايا الفيول مجالاً واسعاً من الاستطاعة، حيث يمكن صنع نماذج بطاريات صغيرة ــ خمسة واط أو أصغر ــ سهلة العمل، صيانة قليلة، ساكنة بالإضافة إلى وحدات ثابتة تقدم استطاعة تقدر بالميغاواط.



(شكل 118)

مبدأ عمل بطارية الوقود (فيول)

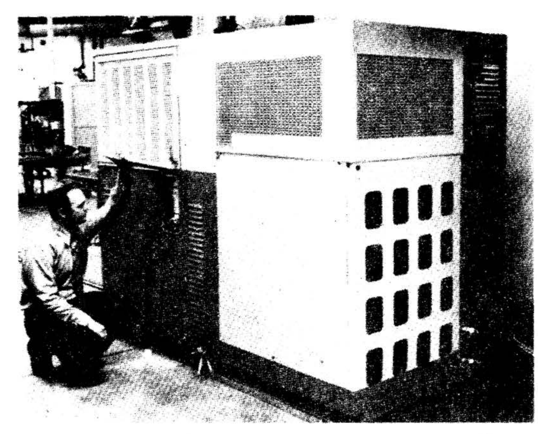
نظمة خلايا الوقود (الفيول) تظهر استخدام للدورات المباشرة وغير المباشرة للوقود

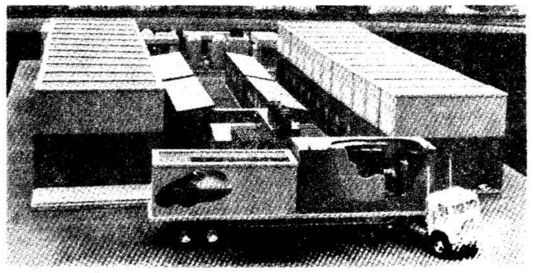
فهي تتألف من قطب موجب وآخر سالب، مفصولين بواسطة محلول كهرليتي هو ماءات لبوتاسيوم ــ ويزوّد أحد نواتج الفيول وليكن الهيدروجين مثلاً عبر القطب السالب، حيث يتأكسد محرراً إلكترونات إلى الحمل ــ بينما يزود الهواء (ونقصد فيه غاز الأكسجين) إلى القطب الموجب حيث يرجع ــ وتكتمل الدارة الإلكترونية بالناقلية الأيونية للكهرليت. ويكون الماء المادة الناتجة عن

التفاعل في بطارية الهيدروجين أكسجين. ويجري اتجاه تطوير مثل هذه البطاريات باستخدام الهيدروجين والهيدرازين والمثيانول لأن هذه المواد تتقبل الأكسدة كيميائياً.

أو باستخدام نظام غير مباشر، حيث يحول الهيدروكربون إلى هيدروجين:

Batteries and Fuel Cells



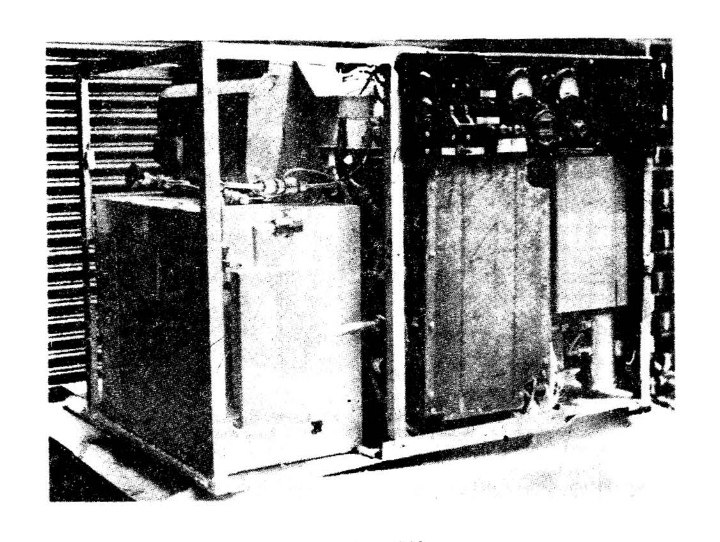


(الشكل 119)

119ـــ أ ـــ

يوضح بطارية فيول باستطاعة 40 كيلواط (الصورة العليا)
بينما توضح الصورة السفلى وحدة من خلايا الفيول (الوقود) استطاعتها 26 ميغاواط

والمشكلة الحالية في بطاريات الفيول هو عدم إمكانية استخدام الهيدروكربونات بشكل مباشر في التفاعل.



119 ـ ب ـ

بطارية تعتمد على نظام خلايا الفيول باستطاعة 1,5 كيلواط

و (الشكل 120) يوضح الطاقة والاستطاعة لكل كيلوغرام من البطارية المتقدمة القابلة لدورات الشحن والتفريغ . وفيما يلي أسماء الرموز المستخدمة فيها :

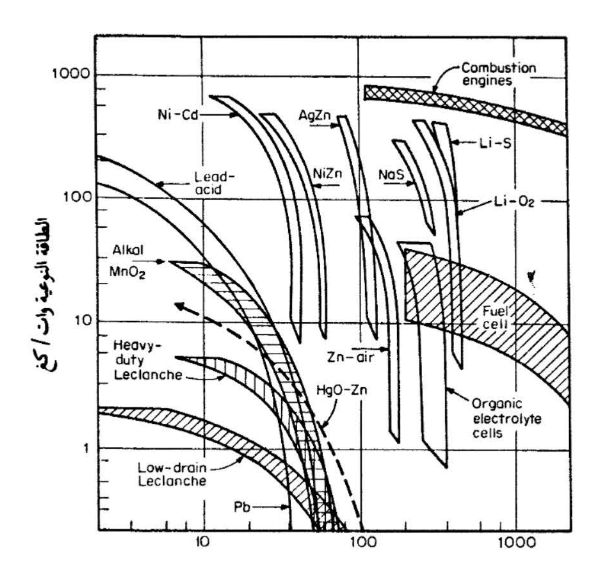
Low down Leclanche	بطارية لوكلانشيه .
Heavy duty Leclanche	بطارية لوكلانشيه للأحمال الشديدة .
Alkal — MnO_2	بطارية أساس منغنيز .
Lead Acid	بطارية رصاصية حمضية .
Ni—Cd	بطارية نيكل ـ كاميوم .
Ag—Zn	بطارية التوتياء فضة .
NiZn	بطارية النيكل توتياء .
HgOZn	بطارية التوتياء أكسيد الزئبق .
Zn—Air	بطارية التوتياء هواء .
Na—S	بطارية الصوديوم كبريت .
Li—S	بطارية الليثيوم كبريت .

Li—O2   بطارية الليثيوم أكسجين .

Fuel Cell   بطارية الفيول .

organic electrolyte Cells   بطاريات ذات كهرليت عضوي .

Combustion Engines   محركات الاحتراق الداخلي



(الشكل 120)

1 ــ 6 ــ البطاريات النووية (أو الذرية)

شاهدنا في الفقرات السابقة التنوع الواسع للبطاريات ، سواءٌ منها الأولية أو الثانوية أو الاحتياطية ، كذلك البطاريات المتقدمة ذات الاستطاعات العالية والتي ما زالت على شكل نماذج غير تجارية حتى الآن . وتشترك كل هذه البطاريات التي سبق تناولها بأنها تستند في عملها إلى القوانين الكيميائية أو بالأصح الكهركيميائية ، بمعنى أنها تولد الطاقة الكهربائية نتيجة تفاعلات كيميائية .

أما البطاريات التي تختلف عن البطاريات السابقة من حيث القوانين التي تخضع إليها ؛ أي أنها لا تعطي الطاقة الكهربائية ، نتيجة تفاعلات كيميائية ، فهي البطاريات النووية التي ظهرت في

بداية السبعينيات ، وتستند أو تخضع إلى القوانين الفيزيائية . وبدأت بالنماذج العادية . حيث تقوم النظائرْ المشعة المستخدمة في البطاريات النووية العادية بإصدار إشعاع على شكل جسيمات ألفا (التي هي رباعيات من البروتونات والنترونات المشحونة إيجابياً) وجسيمات بيتا (والتي هي إلكترونات مشحونة سلبياً) . وتصطدم هذه الجسيمات بنوى جسيمات أخرى ، ويؤدي هذا الاصطدام إلى توليد مقدار من الطاقة الحرارة ، التي تتحول ضمن هذه البطارية إلى طاقة كهربائية ، وذلك حسب مبدأ المزدوجات الحرارية الذي يتلخص ، بأنه ينشأ فرق كمون أو قوة محركة كهربائية بين وصلتي معدنين مختلفين ، موضوعتين في درجتي حرارة مختلفتين ، تتناسب قيمة هذه القوة المحركة الكهربائية مع الفرق بين درجتي حرارة الوصلتين .

وهذه البطاريات النووية العادية موثوقة وخفيفة ، لكنها غير فعالة ، إذ يتم الاستفادة من 5٪ فقط من الطاقة الحرارية المتولدة ، نتيجة الاصطدامات المذكورة كحد أعلى ، كما أن القدرة الكهربائية الممكن الحصول عليها ضمن أحجام وأوزان واقعية لهذه البطاريات لا تزيد عن 100 واط .

أما النوع الجديد من البطاريات النووية ، التي اخترعت في الولايات المتحدة الأمريكية في منتصف السبعينيات ، وكان من المتوقع أن تسجل براءة اختراعها في الفترة القريبة الماضية بعد استكمال التجارب والبحث ، فهي عبارة عن بطارية نووية تستخدم أيضاً الإشعاع المنبعث من النظائر المشعة ، لكنها تستخدم الجسيمات المصدرة نفسها ، وليس الحرارة الناتجة عن اصطدامها مع نوى جسيمات أخرى . وتسمى بالبطاريات النووية المرجعة . ففي حين تقوم مسرعات الجسيمات (وهي الآلات المستخدمة لدراسة الجسيمات العنصرية) باستخدام الطاقة الكهربائية لإحداث المجالات المغناطيسية ، التي تقوم بتسريع الجسيمات . تقوم البطارية النووية المرجعة بحركة عكسية . أي أنها تبدأ بالنظائر المشعة ، التي تصدر جسيمات ألفا α وبيتا β. وبما أن هذه الجسيمات مشحونة ؛ فإنها والحالة هذه تشبه التيار الكهربائي الذي هو عبارة عن حركة الإلكترونات (جسيمات مشحونة أيضاً) ، وبالتالي فإنها تحدث مجالاً مغناطيسياً .

وعندما تقوم الاصطدامات بتخفيف حركة الجسيمات ، تتبدد المجالات المغناطيسية . فإذا تم توجيه جميع المجالات في اتجاه واحد أثناء عملية التبدد ، يمكن تحويل هذه المجالات إلى طاقة كهربائية .

إن جوهر عمل هذه البطارية يكمن في تنظيم المجالات التي تنتشر عادة في جميع الاتجاهات ، مما يؤدي إلى زوال طاقتها . وما يزال هذا التنظيم سراً . ويمكن توضيح المزايا المتوقعة لهذه البطارية من خلال الأرقام التالية : إن كل غرام واحد من النظير المشع (البلوتونيوم 238) يحتوي على 780 كيلو واط

ساعي ؛ أي أكبر بـ 1600 مرة من الطاقة الكامنة في بطارية سيارة وزنها 30 رطلاً إنكليزياً ومشحونة بشكل كامل.

تعمل هذه البطارية لمدة تصل إلى 90 عاماً أو أكثر.

تمتاز هذه البطارية النووية عن المفاعل النووي من الناحية الأمنية، بأنها أكثر أمناً وأقل تعقيداً، ولا تنجم عنها أية مواد مشعة جديدة، وتتطلب أجهزة وقاية بسيطة (يكفي استخدام قفازات جلدية سميكة) ــ ومن الطبيعي أن رفع درجة الوثوقية الأمنية لهذه البطارية سيؤدي إلى زيادة كلفتها ــ.

وقد استخدمت نماذج من البطاريات النووية فعلاً في الأقمار الصناعية، واستكشاف الفضاء وفي مركبة أبولو بالذات.

وتواجه مثل هذه البطاريات المشكلات الناتجة عن أن التعامل مع الإشعاع غير مألوف للعامة (بينما هو مستخدم في نطاق يزداد اتساعاً في مجالات الفضاء والصحة والشؤون العسكرية). عدا عن وجود قوانين صارمة، تضبط استخدامه في كثير من بلدان العالم.

الفصل الثامن

دراسة ـــ وحساب مشروع بطاريات

1 ـــ دراسة مشروع بطارية

وذلك من أجل اختيار أحد نماذج الأنواع الشائعة الرصاصية الحمضية أو القلوية :

1ً ـــ في مجال اختيار نوع البطاريات من حيث التركيب يجب تغطية النقاط التالية :

أ ـــ المجال الحراري للجو المحيط بمكان عمل البطارية : حيث تمتاز البطارية القلوية كلما كانت درجة الحرارة أخفض .

ب ـــ وثوقية التغذية المطلوبة من البطارية ، وهذا يتبع أهمية الجهاز المغذى منها . حيث ترتفع أسهم البطارية القلوية أيضاً ، أو البطارية الرصاصية الحمضية الجافة ، لأن احتمالات الأعطال فيهما أقل من احتمال أعطال البطارية الرصاصية السائلة .

ج ـــ توفر كادر فني للإشراف على البطاريات وصيانتها . وفي حال عدم توفر هذا الكادر يفضل اللجوء إلى البطاريات ، التي لا تحتاج إلى صيانة Free maintenance وهي متوفرة من كلا نوعي البطاريات .

د ـــ مواصفات مكان توضع البطارية : إذا كان صغيراً ، ولا يتيح مجالاً للصيانة وإملاء البطاريات بالماء المقطر ، يفضل اللجوء إلى البطاريات التي لا تحتاج إلى

صيانة. وإذا كان غير مجهز بحيث يقاوم الحموض أو القلويات، أو يتطلب توضيع البطاريات بشكل غير رأسي، عندها يفضل استخدام البطاريات الرصاصية الجافة.

هـ ـــ عمر المشروع: كلما كان المشروع ذا عمر طويل يجب الاتجاه إلى البطاريات ذات دورات شحن تفريغ أكثر، وهناك نماذج يتوفر فيها هذا الشرط من كل الأنواع.

و ـــ وجود صدمات واهتزازات: يرجح الأفضلية للبطاريات القلوية ذات العبوة الفولاذية. أو البطاريات الرصاصية الحمضية الجافة، أو العادية ذات الألواح المسلحة.

ز ـــ احتمالات تعرض البطاريات لتأخر في الشحن، أو بقاء في حالة نصف شحن أو نصف تفريغ: في مثل هذه الحالة يجب تجنب البطاريات الرصاصية الحمضية السائلة العادية، نظراً لتأثرها من هذا الظرف سلبياً.

ح ـــ الميزانية المخصصة لمشروع البطاريات: حيث تملك البطاريات القلوية أعلى سعر، ثم البطاريات الرصاصية الحمضية الجافة، فالبطاريات الرصاصية السائلة.

2ً ـــ في مجال مواصفات البطارية نفسها، ونوع الحمل المراد تركيبه عليها: يجب اختيار نوع البطارية من حيث الأداء بما يناسب الحمل، فإذا كان الحمل يتطلب تياراً كبيراً خلال فترة زمنية قصيرة، عندها يجب اختيار بطاريات نوع H؛ أي بطاريات تعطي تياراً كبيراً. في حين نختار البطارية نوع L (تقدم تياراً صغيراً لفترة طويلة)، من أجل الأحمال المناسبة لهذا النوع، وبالمثل للبطاريات نوع M (تيار متوسط لفترة معقولة).

3ً ـــ في مجال القيم الهامة لمعطيات الحمل: يجب تحديد المعايير التالية:

أ ـــ التوتر الأعظمي المسموح بالنسبة للحمل، ويقابله توتر نهاية الشحن في البطاريات، حيث يكون الحل أكثر اقتصادية كلما كان هذا التوتر للحمل قريباً أو مساوياً لتوتر نهاية الشحن وليس أصغر منه، وكمثال عملي لدينا:

إذا كان التوتر الإسمي للحمل هو 24 فولت فهذا يعني 12 خلية من البطاريات الرصاصية الحمضية، و 19 بطارية قلوية. وعند تحديد أن التوتر الأعظمي المسموح هو 11٪ فقط زيادة عن 24 فولت، فهذا يعني الوصول إلى التوتر 26,6 فولت. وهذا المستوى أقل من مستوى نهاية الشحن بالنسبة للبطاريات، والذي يبلغ 29,5 فولت أو أكثر، وبالتالي فإن البطاريات والحال هذه لن تصل إلى الشحن الكامل، وبالتالي يجب استخدام بطاريات ذات سعات أكبر، وبالتالي كلفة أكثر للحصول على نفس الأداء.

ب ــ التوتر الأدنى المسموح للحمل، ويقابله توتر نهاية التفريغ. وهنا أيضاً نجد أن الحل الاقتصادي يتوافق مع تساوي هاتين القيمتين، أما إذا كان التوتر الأدنى المسموح للحمل أكبر من توتر نهاية التفريغ، فهذا أيضاً يدفعنا لاعتماد بطاريات ذات سعات أعلى بالنسبة لنفس الأداء. وكمثال عملي أيضاً:

التوتر الإسمي 24 فولت، التوتر الأدنى المسموح أقل من هذه القيمة بـ 10٪ أي 21,6 فولت. عندها نختار بطارية بسعة معينة، أما إذا سمح بالوصول إلى التوتر 19 فولت، عندها يمكننا اعتماد بطارية أصغر بـ 28٪؛ أي أن بطارية سعتها 102 أمبير / ساعة تعطي لفترة معينة 25 أمبير، حتى يصل توترها إلى 21,6 فولت، بينما تعطي 30 أمبير لنفس الفترة ليصل توترها إلى 19 فولت.

4ً ــ حساب المشروع: بعد اختيار نوع البطارية من حيث التركيب، ونوعها من حيث التيار الذي تقدمه يجب تحديد القيم التالية:

التيار المطلوب من البطارية، زمن استجرار ذلك التيار، توتر نهاية الشحن، توتر نهاية التفريغ. بالإضافة إلى التوتر الإسمي:
وفيما يلي بعض الأمثلة بالأرقام:

مثال رقم 1 ــ معطيات المشروع:

التوتر الإسمي 24 فولت، التوتر الأعظمي 28 فولت، التوتر الأصغري 20 فولت التيار المستهلك: 900 أمبير ــ خلال زمن قدره دقيقة واحدة.

ويبقى اختيار توتر الخلية الواحدة متروكاً لصاحب المشروع بما يناسب الوصول إلى شحن جيد للبطارية . فإذا تم اختيار بطاريات قلوية .

إذا اعتبرنا أن توتر الخلية الواحدة 1,4 فولت :

$$\text{فإن عدد الخلايا} = \frac{\text{التوتر الأعظمي المسموح}}{\text{توتر الخلية الواحدة عند الشحن}} = \frac{28}{1,4} = 20 \text{ خلية}$$

وبعد حساب عدد الخلايا ، نقوم بحساب توتر إيقاف التفريغ كما يلي :

$$\text{توتر توقيف التفريغ} = \frac{\text{التوتر الأدنى المسموح}}{\text{عدد الخلايا}} = \frac{20}{20} = 1 \text{ فولت}$$

بعد ذلك نبحث في جداول البطاريات عن بطارية تستطيع إعطاء 900 أمبير لمدة دقيقة واحدة بحيث يصل توتر توقيف التفريغ فيها إلى 10 فولت .

مثال آخر ــ معطيات المشروع :

التوتر الأعظمي 242 فولت ــ التوتر الأدنى 197,6 فولت .

التوتر الإسمي 220 فولت ــ التيار 60 أمبير ــ مدة استجرار ساعة واحدة . وذلك بالنسبة لجهاز تغذية بدون انقطاع : UPS .

الحل

في مثل هذه البطاريات تعتمد طريقة الشحن العائم ، فإذا اعتمدنا توتر الشحن للخلية الواحدة مساوياً لـ 2,23 فولت نجد : (بطاريات حمضية رصاصية) :

$$\text{عدد الخلايا} = \frac{\text{التوتر الأعظمي}}{\text{توتر شحن البطارية الواحدة}} = \frac{242}{2,23} = 108 \text{ خلية}$$

$$\text{أما توتر توقيف التفريغ فهو :} \quad \frac{\text{التوتر الأدنى}}{\text{عدد الخلايا}} = \frac{197,6}{108} = 1,83 \text{ فولت}$$

وبذلك نبحث في جداول البطاريات عن البطارية التي تعطي 60 أمبيراً ويكون توتر توقيف التفريغ فيها 1,83 فولت .

وبعد استعراض هذين المثالين يجدر لفت الانتباه إلى ما يلي :

أ ــ لا يعتمد التوتر الإسمي للبطاريات القلوية أو الحمضية الرصاصية ، إلا عندما

يكون عدد الخلايا محدوداً ؛ أي أن البطاريات مصممة للعمل تحت توتر 6 أو 12 أو 24 فولت .

ب ـــ عندما يزيد عدد الخلايا عن ذلك ، نأخذ توتراً أعلى من التوتر الإسمي لكل خلية بحيث يناسب طريقة الشحن ونوع عمل البطاريات .

ج ـــ وبذلك يتضح أن على دارس المشروع تحديد قيمتين أساسيتين الأولى هي توتر الخلية الواحدة ، وهذا يخضع للفقرة أ ـــ ب .

والثانية يستنتجها حسابياً بالاستناد إلى القيمة الأولى . وبعد ذلك يبحث في جداول البطاريات المختارة عن البطارية التي تعطي التيار المطلوب ضمن الزمن المطلوب وتوتر توقيف التفريغ Cut off ، أو توتر نهاية التفريغ .

المـراجـع

1 — Storage Batteries Maintenance Manual
. L. Semyonov — Mir Publishers. 1967.

2 — Standard Hand book For Electrical Engineers
Mc Grow — Hill Book Company eleventh edition

3 — Electrical Engineer's Reference Book M — G — Say — 1973

4 — Automotive Electrical Equipment Crouse, McGruw — Hill company

5 — Power Supply Hand Book —SAB NIFE Group Company

6 — النشرات الفنية والعلمية لشركات البطاريات التالية :
— VARTA, NIFE, FNC, Marathon, Tangston, Vidor,Statlec, Sonnenschein Batteries — Dryfit Blok.

7 — International Power Generation magazine October 1984

8 — النشرة الصحفية لهيئة الطاقة الذرية السورية العدد 912 .

9 — تكنولوجيا الكهرباء — الصف الأول والثاني — مؤسسة التعليم الفني — السعودية .

10 — وغيرها من النشرات والمقالات والأبحاث التي وصلت إليها يدي .

المحتوى

مقدمة 7

الفصل الأول — معلومات أساسية عن البطاريات

1 ــ تعاريف عامة 11
2 ــ البطاريات عموماً والمبدأ الذي تستند إليه 13
3 ــ اختزان القدرة الكهربائية ــ والبطاريات 16
4 ــ أنواع البطاريات 18
4 ــ 1 ــ من حيث التركيب 18
4 ــ 2 ــ من حيث الاستخدام 19
5 ــ المميزات الرئيسية في البطاريات 22
5 ــ 1 ــ القوة المحركة الكهربائية 22
5 ــ 2 ــ المقاومة الداخلية للبطارية 23
5 ــ 3 ــ القوة المحركة الكهربائية والمقاومة الداخلية 24
5 ــ 4 ــ المردود 25
5 ــ 5 ــ سعة البطارية وتقدر بالأمبير / ساعة 28
5 ــ 6 ــ الاستطاعة والطاقة للبطارية 31

الفصل الثاني — البطاريات الرصاصية الحمضية

1 ــ البطاريات الرصاصية الحمضية 33

1 ـــ 1 ـــ العبوة 34
1 ـــ 2 ـــ الألواح 36
1 ـــ 3 ـــ العوازل (الفواصل) 40
1 ـــ 4 ـــ السائل الحمضي 41
1 ـــ 5 ـــ غطاء سطح البطارية 43
1 ـــ 6 ـــ أقطاب البطارية 48
1 ـــ 7 ـــ التفاعلات الكيميائية داخل البطارية الرصاصية الحمضية 48
1 ـــ 8 ـــ تحضير البطارية الحمضية الرصاصية للشحن 56
1 ـــ 9 ـــ استثمار وتشغيل وصيانة البطارية الرصاصية الحمضية 63
1 ـــ 10 ـــ تخزين البطارية الحمضية الرصاصية 73
1 ـــ 11 ـــ البطاريات الرصاصية الحمضية التي لا تحتاج إلى صيانة 75
1 ـــ 12 ـــ البطاريات الحمضية الرصاصية الجافة 76
1 ـــ 13 ـــ فتح البطاريات الرصاصية الحمضية السائلة من أجل إجراء صيانة 81
1 ـــ 14 ـــ ملاحظات عامة عن البطاريات الرصاصية الحمضية 84
1 ـــ 15 ـــ التفريغ الذاتي في البطارية الحمضية الرصاصية 85
1 ـــ 16 ـــ توصيات السلامة عند التعامل مع البطاريات الحمضية الرصاصية 85
1 ـــ 17 ـــ الأعطال الكبيرة في البطارية الرصاصية الحمضية وإصلاحها 87
1 ـــ 18 ـــ سلسلة الاختبارات على البطارية الرصاصية الحمضية 95

الفصل الثالث — البطاريات القلوية

1 ـــ البطاريات القلوية 105
1 ـــ 1 ـــ ألواح البطاريات القلوية 107
1 ـــ 2 ـــ العوازل 110
1 ـــ 3 ـــ السائل الكهرليتي 110
1 ـــ 4 ـــ أنواع البطاريات القلوية 116
1 ـــ 5 ـــ التفاعلات الكيميائية في البطاريات القلوية 120
1 ـــ 6 ـــ أعطال البطارية القلوية 122
1 ـــ 7 ـــ مكان توضع البطاريات القلوية 124
1 ـــ 8 ـــ ملاحظات عامة عن البطاريات القلوية 125
1 ـــ 9 ـــ مقارنة بين البطاريات القلوية والبطارية الرصاصية الحمضية 130

الفصل الرابع شحن البطاريات

1 ــ شحن البطاريات 133
1 ــ 1 ــ الإجراءات والاعتبارات المأخوذة بعين الاعتبار قبل الشحن 135
1 ــ 2 ــ طرق الشحن 137
1 ــ 3 ــ ملاحظات عامة عن شحن البطاريات 147
1 ــ 4 ــ الشواحن 150

الفصل الخامس البطاريات الأولية أو الصغيرة أو الجافة

1 ــ البطاريات الأولية 155
1 ــ 1 ــ إجراءات وتعليمات العناية والصيانة اللازمتين للبطاريات الأولية 157
1 ــ 2 ــ أنواع البطاريات الأولية الجافة 159
1 ــ 3 ــ مقارنة بين البطاريات الأولية 174

الفصل السادس أنواع أخرى من البطاريات أو البطاريات الاحتياطية

1 ــ أنواع أخرى من البطاريات 177
1 ــ 1 ــ بطارية نيكل هيدروجين 177
1 ــ 2 ــ البطاريات الاحتياطية 178

الفصل السابع البطاريات المتقدمة

1 ــ البطاريات المتقدمة 183
1 ــ 1 ــ بطارية الليثيوم ــ كبريت 184
1 ــ 2 ــ بطارية الكبريت الصوديوم 184
1 ــ 3 ــ بطارية الليثيوم 185
1 ــ 4 ــ بطارية التوتياء هواء 186
1 ــ 5 ــ بطاريات الفيول 188
1 ــ 6 ــ البطاريات النووية (أو الذرية) 191

الفصل الثامن　　　دراسة وحساب مشروع بطاريات

1 ــــ دراسة مشروع بطارية 195
المراجع 201

البطاريات: المدخرات: أنواعها ـ تركيبها ـ تفاعلاتها الكيميائية .../ محمد رضوان شويكاني؛ تدقيق ومراجعة محمد وسيم الهبل. ـ ط. ١. ـ دمشق: دار طلاس، ١٩٨٩. ـ ٢٠٨ ص.؛ ٢٥ سم.

١ ـ ٦٢١٫٣١ ش و ي ب ـ ٢ ـ العنوان ٣ ـ شويكاني
٤ ـ الهبل

مكتبة الأسد

رقم الإيداع ـ ١٩٨٩/١٠/١٠/١٢٢٠

رقم الإصدار ـ ٤٦٦